

PRZEGLĄD TECHNICZNY

CHASOPISMO POŚWIĘCONE SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU

TREŚĆ:

Błędy i poprawki narzędzi mierniczych, nap. Inż. Z. Rauszer, Dyrektor Głównego Urzędu Miar.
 O kształtach równowagi cienkiego pręta kołowego w pewnych szczególnych przypadkach obciążenia (dok.), nap. Dr. Inż. Fr. Szelągowski.
 Wyniki badań laboratoryjnych nad wydatkiem rury o przekroju kołowym, nap. Dr. K. Pomianowski, Profesor Politechniki Warszawskiej.
 Uszczelnianie masy betonowej przez potrząsanie i przetrząsanie, nap. W. Ż.
 Przegląd pism technicznych.
 Sprawozdania i Prace Polskiego Komitetu Energetycznego.

SOMMAIRE:

Erreurs et corrections des instruments des mesures (à suivre), par M. Z. Rauszer, Ingénieur dipl., Directeur de l'Office Centrale des Mesures.
 Sur les formes de l'équilibre d'une barre fine circulaire dans certains cas particuliers de charge (suite et fin), par M. F. Szelągowski, Dr. ès sc. techn., Ingénieur.
 Résultats des essais de laboratoire sur le débit d'une tube de la section circulaire, par M. K. Pomianowski, Dr. ès sc. techn., Professeur à l'Ecole Polytechnique de Varsovie.
 L'effet de la vibration et pervibration du béton, par M. W. Ż.
 Revue documentaire.
 Bulletin du Comité Polonais de l'Énergie.

Błędy i poprawki narzędzi mierniczych

Napisał Inż. Z. Rauszer, Dyrektor Głównego Urzędu Miar.

Jednym ze źródeł wielu nieporozumień i bałamuctw¹⁾ w metrologii są pojęcia poprawek i błędów narzędzi mierniczych (n. Instrumentfehler), a właściwie to ostatnie pojęcie. Wydaje się, że źródło tych nieporozumień leży w niedostatecznie ścisłym określeniu pojęcia błędu oraz w niezbyt dogodnej i właściwej terminologii. Niniejszy artykuł ma na celu wyjaśnienie tych pojęć.

Określenia wstępne.

Przez wyraz miara rozumiem wyłącznie wynik pomiaru, wyrażony iloczynem jednostki miar przez liczbę, — nigdy zaś narzędzie miernicze.

Wzorcem miary nazywam ciało fizyczne, którego pewna własność pod względem wielkości przedstawia²⁾ tę miarę z określoną dokładnością³⁾ 4). Niektóre z wzorców najczęściej używanych mają nazwy szczególne, a więc wzorec długości nazywamy przymiarem, wzorec masy — odważnikiem, wzorec oporu elektrycznego — opornikiem, wklęsły wzorec objętości — pojemnikiem. Wzorce bywają jednomiarowe, jak np. przymiar bruskowy (płytkowy) Johansson'a, zwyczajny po-

jemnik brzegowy, albo wielomiarowe, jak przymiar kreskowy, np. metrowy, podzielony kreskami na milimetry, menzura, biureta i t. p.

Przyrządem mierniczym nazywamy każdy mechanizm, służący do pośredniego lub bezpośredniego dokonywania pomiarów⁵⁾.

Wzorce miar i przyrządy miernicze stanowią razem narzędzia miernicze⁶⁾.

Podziałką nazywam szereg wskaźników (kresek, punktów, sztyftów, ostrzy, otworków i t. p.), ograniczających miary, wywzorcowane na narzędziu mierniczym. Odległość (lub łuk na podziałkach kołowych) między dwoma wskaźnikami nazywa się działką. Odległość między dwoma sąsiednimi wskaźnikami jest działką elementarną (działką najniższego rzędu).

Wskazanie nominalne. Wskazanie poprawne.

Część istotna procesu mierzenia polega normalnie na zauważeniu zbiegania się (koincydencji) dwóch wskaźników. Jeden z tych wskaźników jest związany z rzeczą mierzoną, drugi jest od rzeczy mierzonej niezależny, najczęściej nieruchomy. Jeden z tych wskaźników zwykle (metody nie zerowe) należy do szeregu podobnych, które razem tworzą podziałkę; każda działka tej podziałki odpowiada mierze określonej, albo takiej, którą określić możemy.

Mierzę np. przymiarem rysunkowym odległość dwóch punktów *A* i *B*. Ustawiłem więc przymiar rysunkowy tak, aby obydwa punkty znajdowały się przy jego krawędzi, a przytem jeden z nich, np. *A*, wypadł także na prostej wyznaczonej przez kreskę zerową przymiaru. Wówczas punkt *B* jest wskaźnikiem związanym z rzeczą mierzoną. Jeżeli punkt *B* znajduje się na przedłużeniu którejkolwiek kre-

¹⁾ ...ein Begriff, der in der Metronomie zeitweise recht arg Verwirrungen hervorgerufen hat. Scheel. Metronomie. Brunświk, 1911, pag. 26.

²⁾ Wielkość, którą wzorec ma przedstawiać, jest jego wielkością mierniczą, w odróżnieniu od innych, które mu są również właściwe (wysokość odważnika, długość od końca do końca przymiaru kreskowego).

³⁾ Rauszer Z. Projekt ustawy o miarach. Warszawa, 1918, pag. 15. Określenia te weszły do polskiego prawa o miarach.

⁴⁾ Wyrazu wzorec używa się w nauce także w znaczeniu inkorporacji miary, wykonanej z wysoką dokładnością i służącej wyłącznie do porównywania z nią wzorców używanych bezpośrednio do mierzenia. Nazwa „przyrząd wzorcowy” (zam. normalny) jest nielogiczna.

ski przymiaru, to kreska ta jest owym drugim wskaźnikiem, z którym pierwszy wskaźnik, t. j. punkt *B*, zbiega się. Gdy punkt nie trafia na żadną z kresek, a więc jest punktem wewnętrznym jednej z działek elementarnych, i gdy nie zadowala nas przyjęcie kreski najbliższej do punktu za zbiegającą się z nim, to wówczas odległość punktu *B* od początkowej kreski tej działki elementarnej, do której punkt *B* należy, porównujemy na oko z tą działką. Możemy przyjąć w tym wypadku, że zespół owych dwóch sąsiednich kresek stanowi ów wskaźnik nieruchomy, związany z narzędziem mierniczym⁶⁾. Gdy przymiarem będziemy mierzyli np. szerokość stołu, to krawędź stołu będzie wskaźnikiem, związanym z długością mierzoną.

Tak samo w menzurze (cyfrowej mierniczym) wskaźnikiem, związanym z objętością mierzoną, jest najniższy punkt menisku, wskaźnikiem od niej niezależnym — kreska podziałki; w termometrze wskaźnikiem, związanym z temperaturą, jest pozioma styczna do swobodnej powierzchni rtęci; w zegarze, manometrze, amperometrze wskaźnikiem, związanym z rzeczą mierzoną, jest wskazówka, a wskaźnikiem od niej niezależnym — odpowiednia kreska podziałki lub dwie sąsiednie kreski. W pojemniku brzegowym (jednomiarowym) wskaźnikiem, związanym z objętością cieczy, jest jej zwierciadło, wskaźnikiem od niej niezależnym — płaszczyzna brzegu pojemnika.

Pewne określone położenie tych dwóch wskaźników - *protagonistów* względem siebie nawzajem wyznacza miarę. W najogólniejszym przypadku, t. j. wtedy, kiedy zerowy stan wielkości nie odpowiada zeru podziałki, następuje to przez dwie kolejne koincydencje dwóch par wskaźników-protagonistów, z których jedna odpowiada zerowemu stanowi wielkości mierzonej, a druga temu stanowi (ilości), który zmierzyć pragniemy. Te dwie koincydencje wyznaczają na podziałce pewną działkę (długość lub kąt); znając ją, już bez trudności poznajemy miarę, której ona odpowiada. Jeżeli w danym pomiarze zero podziałki odpowiada zerowej ilości tak, jak to było w poprzednich przykładach, to sprawa upraszcza się i do wyznaczenia działki potrzebna jest jedna tylko koincydencja, a więc jedna obserwacja. Przykład tego mamy zwykle we wszystkich przyrządach wskazówkowych, należyte wyregulowanych, w termometrach, pojemnikach i t. d.

Zależność między wielkością mierniczą wzorca albo działką narzędzia mierniczego i miarą, która jej odpowiada, poznaje się według oznaczenia miary na narzędziu mierniczym albo według innych powiadomień, takiemu oznaczeniu równoważnych. Więc np. na termometrze mamy następujące oznaczenia miary: ponad podziałką literę *C* i przy odpowiednich kreskach liczby 0, 10, 20, ... i t. d. Te oznaczenia wystarczają zupełnie, aby każdej działce móc przypisać właściwą jej miarę, np. — 18 C, + 45 C (oznaczenie domyślne). Może na narzędziu nie być żadnych oznaczeń, byleby tylko skądinąd było wiadome (zwyczaj, świadectwo sprawdzenia i t. p.), czemu odpowiada określona działka, jaką miarę wyraża pewna jego własność

⁶⁾ Albo że wskaźnik nieruchomy jest wskaźnikiem fikcyjnym; związanym niezmiennie z wskaźnikami, między którymi się znajduje.

i t. p. Np. na prototypach państwowych kilograma niema żadnego oznaczenia miary, a jednak nikt zainteresowany nie ma wątpliwości, że prototyp taki nie tylko jest wzorcem kilograma, lecz nawet jednym z najważniejszych dokumentów, dających możność określić tę wielkość, którą nazywamy kilogramem.

Uświadomienie tej liczby, którą określa wspomniana wyżej koincydencja wskaźników - *protagonistów* przy czynności mierzenia, nazywa się *odczytaniem wskazania narzędzia mierniczego*. Liczba ta jest albo bezpośrednio poszukiwaną miarą, albo przynajmniej daje możność znalezienia jej.

Oznaczenia, które są podane na narzędziu mierniczym, lub równoważne tym oznaczeniom powiadomienia, nazywamy *oznaczeniami nominalnymi*. Wskazania, t. j. miary narzędzia mierniczego, odczytane wyłącznie na podstawie tych oznaczeń nominalnych, są *wskazaniami nominalnymi* albo, co oznacza to samo, *miarami nominalnymi* rzeczy mierzonej⁶⁾. Wskazanie nominalne będziemy oznaczali przez I_n (*indicatio nominalis*).

We wszystkich przytoczonych przykładach proces mierzenia w istocie swej jest analogiczny. Wszędzie znajdujemy wskaźnik od czynnika mierzonego niezależny: kreska przymiaru, brzeg pojemnika, kreska menzury, zegara, areometru, skali galwanometru i wskaźnik zbiegający się z tym pierwszym — od czynnika mierzonego zależny: punkt ograniczający odcinek, krawędź stołu, zwierciadło płynu, wskazówka — wszystkie zmieniające swe położenie razem ze zmianą wzajemnych odległości punktów, albo krawędzi stołów, objętości cieczy, temperatury, natężenia prądu i t. d. We wszystkich tych wypadkach na podstawie oznaczeń mierniczych na narzędziach odczytujemy wreszcie w analogiczny sposób wskazanie nominalne, czyli miarę czynnika mierzonego⁷⁾.

⁶⁾ Wskazanie nominalne narzędzia mierniczego jest funkcją wyłącznie jego oznaczeń lub równorzędnych powiadomień, które pozwalają każdemu wskaźnikowi podziałki przypisać pewną określoną miarę. Wskazanie jest więc tylko liczbą. Długość np. przymiaru, zapomocą którego uzyskano wskazanie, nie ma tu żadnego wpływu; gdyby z tą samą długością było skojarzone inne oznaczenie — mielibyśmy inne wskazanie. Wskazanie jest to oznaczenie, które odczytujemy dla poznania miary rzeczy mierzonej. Jeżeli więc narzędzie jest jednomiarowe (sprawdzian trzpieniowy, pojemnik z wycieczką, ogranicznik prądu el.), to zawsze można zastąpić wyrażenie błąd wskazania przez błąd oznaczenia. Wogóle zaś, mając na uwadze to, co było mówione o oznaczeniu domyślnym, można powiedzieć, że *wskazanie jest oznaczeniem, wyróżnionem z pośród innych przez wskaźnik, związany z rzeczą mierzoną*.

⁷⁾ Wogóle związek między koincydencją wskaźników-protagonistów a wskazaniem narzędzi mierniczych ustala się na podstawie teorii danego przyrządu mierniczego. Np. w zwyczajnej prostej wadze równoramiennej wskaźnikiem zależnym od rzeczy mierzonej jest wskazówka osadzona na belce, wskaźnikiem niezależnym jest płaszczyzna jarzma wagi. Wskazanie wagi ma miejsce przy koincydencji tych wskaźników (waga znajduje się w wyznaczonym położeniu równowagi) i równe jest sumie wskazań odważników, które się znajdują wtedy na szalce odważnikowej. Związek między czynnikiem mierzoną a wskaźnikiem od tegoż czynnika zależnym bynajmniej nie musi mieć charakteru mechanicznego, jak w powyższych przytoczonych przykładach; wystarcza, jeżeli związek ten w jakikolwiek sposób daje się urzeczywistnić, choćby niezależnie od czynnika mierzonego. W przyrządzie stroboskopowym do pomiaru szybkości katowej wskaźni-

Krótko mówiąc, wskazanie nominalne narzędzia mierniczego jest wynikiem pomiaru, odczytanego na tem narzędziu w takich warunkach, w których ono jest przeznaczone do pomiarów⁹⁾.

Jeżeli dokładność narzędzia mierniczego nie zadowala nas, sprawdzamy wskazania tego narzędzia, co uskuteczniamy np. przemierzając narzędziem bardziej dokładnym albo metodą dokładniejszą wielkość, już odmierzoną narzędziem sprawdzanym. Tak postępujemy z areometrem, termometrem, wzorcem objętości, licznikiem energii elektrycznej. Porównywanie przymiarów drutowych na komparatorze geodezyjnym jest typowym przykładem czynności tego rodzaju: odmierzamy przymiarem normalnym długość między skrajnymi mikroskopami komparatora, a następnie porównujemy tę długość z długością przymiarów drutowych. To jest zasada komparacji. Reszta czynności — to są szczegóły techniczne lub zabiegi, mające na celu eliminację błędów. Rzadko możemy bardziej bezpośrednio porównać ze sobą dwa wzorce, jak to np. ma miejsce przy porównaniu mas dwóch odważników metodą Gauss'a, albo kiedy sprawdzamy suwak mierniczy przymiarami płytkowemi Johansson'a.

Tą czy inną drogą postępując, otrzymujemy dla każdego wskazania nominalnego narzędzia sprawdzanego odpowiadające mu wskazanie narzędzia bardziej dokładnego. Jest to wskazanie poprawne (mesure correcte, Istwert, Messwert, Istmass). Wskazanie poprawne, odpowiadające wskazaniu nominalnemu I_n , będziemy oznaczali przez I_c (indicatio correcta).

Wskazania, które nazwałem poprawnemi, często bywają nazywane wskazaniami rzeczywistemi. Oczywiście „rzeczywistemi“ one nie są, gdyż rzeczywistych miar rzeczy znać nie możemy. Używać tej nazwy należy przeto zawsze z zastrzeżeniem myślowem: rzeczywiste w granicach naszego poznania, w granicach błędów obserwacji. Wobec tego, nazwa wskazanie poprawne (indication correcte) jest znacznie właściwsza.

Uchybienie i poprawka.

Bezwzględna wartość różnicy między wskazaniem poprawnym a wskazaniem nominalnem nazywam uchybieniem

$$u = \text{mod} (I_c - I_n),$$

gdzie u oznacza uchybienie, I_c — wskazanie poprawne, I_n — wskazanie nominalne.

kciem związanym z czynnikiem mierzonym jest wskazówka, której wychylenia są funkcją szybkości tarczy stroboskopowej, lecz z zasady mierniczej przyrządu wynika, że związek między szybkością mierzoną a wskazówką istnieje tylko wtedy, gdy ruch obrotowy przedmiotu, poprzez tarczę stroboskopową obserwowanego, pozornie ustaje. Podobnie w pirometrze optycznym syst. Holborna - Kurlbauma wskaźnikiem związanym z temperaturą mierzoną jest wskazówka amperomierza (wywzorcowanego zwykle w stopniach temperatury), lecz związek ten w myśl teorii tego przyrządu istnieje tylko wtedy, gdy jasność włókna żarówki doprowadzona zostanie do zrównania się z jasnością tła, będącego obrazem żarzącego się przedmiotu.

⁹⁾ To znaczy, że za wskazanie nominalne uważamy również wskazanie sprowadzone do tych warunków, np. objętość wymierzona pojemnikiem przy 20 C, a zredukowaną do 0 C przez uwzględnienie spólc. rozszerzalności cieplnej materiału pojemnika.

Poprawką wskazania narzędzia mierniczego δ jest ta miara, którą należy algebraicznie dodać do wskazania nominalnego, aby otrzymać wskazanie poprawne¹⁰⁾

$$I_c = I_n + \delta \dots \dots \dots (1)$$

Powyższe określenie poprawki jest powszechnie przyjęte w literaturze metrologicznej. Również zgodnie rozumie się zawsze poprawkę, jako poprawkę wskazania¹⁰⁾.

Rozważmy parę przykładów. Oto mamy przymiar 10-o centymetrowy, końcowy, bez podziałki (więc np. sprawdzian trzpieniowy); na przymiarze tym jest oznaczenie 10 cm. Te 10 cm to jest właśnie wskazanie nominalne. Przymiar normalny wskazuje (wskazanie poprawne), że długość sprawdzianu jest 100,01 mm. Poprawka wynosi przeto

$$\delta = +0,01 \text{ mm},$$

gdyż taką właśnie miarę trzeba dodać algebraicznie do wskazania nominalnego, aby otrzymać wskazanie poprawne. Stąd wnioskujemy, że kiedy długość (miernicza) przymiaru jest za duża (w stosunku do tej długości, która poprawnie odpowiada oznaczeniu), to poprawka będzie dodatnia, i odwrotnie. W istocie, kiedy długość jest za duża, to znaczy, że wskazanie nominalne przymiaru, owe 10 cm, jest za małe i, żeby się stać poprawnym, powinno być powiększone.

Mierzenie tym przymiarem polega na stwierdzeniu, że pewna nieznaną nam przedtem długość jest równa długości mierniczej przymiaru czyli, nominalnie, 10-ciu centymetrom (wskazanie nominalne). Ta sama długość przy uwzględnieniu poprawki naszego przymiaru, t. j. wyrażona poprawnie, wynosi: (100 + 0,01) mm.

A więc, aby znaleźć poprawną wartość w y m i e r z o n e j wielkości, trzeba algebraicznie dodać poprawkę do wskazania wzorca.

Przejdźmy teraz do przyrządów. Wodomierz wskazuje 1000 l, podczas gdy zbiornik mierniczy (przyrząd wyższej dokładności) — że woda, która przepłynęła przez wodomierz, zajmuje objętość 1002 l. Poprawka wynosi więc:

$$\delta = +2 \text{ l}.$$

Jeżeli wymierzę tym wodomierzem nieznaną mi przedtem ilość wody i wodomierz wskaże 1000 l, to poprawnie będę miał 1002 l; jeżeli chcę odmierzyć poprawnie 1000 l, muszę od odmierzonej ilości wody odjąć 2 litry, albo zamknąć kurek wtedy, gdy wodomierz wskazywać będzie około 998 l¹¹⁾.

⁹⁾ W równaniach, zawierających wskazania w liczbach szczególnych i poprawki, dogodnie jest oznaczać przez „ I_n “ miarę poprawną wskazania nominalnego I_n , np. „5 g“ = 5 g + 0,2 mg.

¹⁰⁾ W istocie u wzorców możnaby poprawkę stosować do wielkości, a nie do wskazania wzorca, lecz tego znaczenia poprawce nikt nie nadaje.

¹¹⁾ Sprawa odmierzenia pewnej zgóry zadanej wielkości przy uwzględnieniu poprawki narzędzia mierniczego bywa zupełnie niepotrzebnie komplikowana. W świetle wyżej podanej teorii sprawa polega na rozwiązaniu równania pierwszego stopnia z jedną niewiadomą.

W istocie, gdy mierzymy nieznaną nam wielkość (wymierzamy), to przez zastosowanie poprawki znajdujemy jej miarę poprawną. Mamy

$$I_c = I_n + \delta,$$

gdzie I_n i δ znamy, a szukamy I_c .

Gdy natomiast chcemy poprawnie odmierzyć pewną

Te dwa przykłady zostały umyślnie rozpatrzone nieco szczegółowiej, aby wykazać, że niema żadnej różnicy w istocie pojęć: wskazanie nominalne wzorca i wskazanie nominalne przyrządu mierniczego.

Dla przyrządów, które mierzą ilości dowolne, nieograniczone, jak np. kurwimetr, gazomierz, licznik energii elektrycznej¹²⁾, wygodniej jest wyrażać poprawkę w zależności od wymierzonej ilości, przyjmując, co dla tego rodzaju przyrządów małej dokładności jest naogół zgodne z rzeczywistością, że poprawka $\delta = I_c - I_n$ rośnie proporcjonalnie do wymierzonej ilości I_n , czyli że, innymi słowy, stosunek:

$$\Delta = \frac{I_c - I_n}{I_n}, \dots \dots (2)$$

noszący nazwę poprawki względnej, nie zależy od wartości wskazania I_n ¹³⁾.

Poprawkę względną wyrażamy często w procentach wskazania nominalnego, mianowicie nadając jej postać

$$\frac{I_c - I_n}{I_n} \cdot 100 \dots \dots (2a)$$

Ustaliliśmy więc następujące zasady:

1) Poprawka jest miarą, która, algebraicznie dodana do nominalnego wskazania narzędzia mierniczego, daje wskazanie poprawne.

2) Poprawkę rozumie się zawsze jako *poprawkę wskazania* (nominalnego), t. j. liczby odpowiadającej koincydencji wskaźników-

daną wielkość, t. zn., że znamy I_c . Założyliśmy, że znamy i δ . Szukamy natomiast tego wskazania nominalnego I_n , które odpowiada poprawnemu I_c czyli że rzecz sprowadza się do rozwiązania poprzedniego równania względem I_n :

$$I_n = I_c - \delta.$$

A więc narzędzie poprawnie odmierza daną wielkość I_c wtedy, gdy wskazanie jego jest równe I_c mniej poprawka.

¹²⁾ Zegary są również przyrządami o nieograniczonym obszarze mierniczym, lecz dokładności o wiele wyższej. Przy tej dokładności pomiaru wpływ czynników ubocznych (zmiany temperatury, zmiany ciśnienia, wstrząśnienia i t. p.) jest tak wielki, że o stałości stosunku poprawki do wskazań mowy być nie może. Poprawka względna w zegarach wysokiej dokładności (porządku wielkości dziesiątych części sekundy na dobę i mniej) nazywa się *chodem* (Gang) i oblicza się na dobę. Poprawka bezwzględna nazywa się *stanem* (Stand).

¹³⁾ W istocie rzeczy stosunek $\delta: I_n = \Delta$ (a także e_i i E_i) jest zmienny wraz z I_n , lecz zmienności jego nie wykazują przyrządy miernicze handlowe i większość technicznych dla swej małej dokładności. Poza tem względną poprawkę, błędy i uchybienia są niezależne od wskazań I_n tylko przy określonym i niezmiennym zespole warunków metrologicznych, t. j. tych warunków wewnętrznych i zewnętrznych (w stosunku do narzędzia), które mogą wpływać na zmianę jego wskazań przy niezmiennym I_c . Jeżeli one są zmienne, to o stałości Δ naogół mowy być nie może. Więc np. błędy i poprawki wodomierza skrzydełkowego zależą od należenia przepływu (rys. 4), licznika energii el-nej od mocy, pod którą on działa, od współczynnika mocy i in., zegara astronomicznego od temperatury, amplitudy wahań wahadła i t. d. Wreszcie zmieniają się poprawki i z biegiem czasu pod wpływem zużycia narzędzia mierniczego oraz skutkiem zmian fizycznych i chemicznych w materiałach, wchodzących w jego skład (metale, szkło, smary).

Znajomość poprawek narzędzia dla różnych określonych warunków, wpływających na jego wskazania, nie wystarcza więc do korygowania jego wskazań, jeżeli — co zawsze zachodzi w praktycznym zastosowaniu narzędzi mierniczych handlowych — nie są nam znane czasy oddziaływania każdej możliwej wartości każdego z warunków.

protagonistów (a więc poprawka nigdy nie jest poprawką wielkości wzorca: odważnik za ciężki ma poprawkę dodatnią, bo oznaczenie jego jest za małe).

3) Poprawka, wyrażona stosunkiem lub w procentach, odnosi się zawsze do wskazania nominalnego.

Jak widzimy z powyższych przykładów, pojęcie poprawki wystarcza całkowicie do posilkowania się narzędziem mierniczym z dokładnością odpowiadającą warunkom, w których zostało sprawdzone. Zasady, dotyczące tego pojęcia, które wyżej wyłożyliśmy, są powszechnie przyjęte w metrologji.

Błąd wskazania.

Prócz pojęcia poprawki, posługujemy się w metrologji *pojęciem błędu*, przyczem *pojęcie to* we wzorcach i przyrządach mierniczych używane bywa w dwóch zupełnie przeciwnych sobie znaczeniach, z czego sobie zwykle nie zdajemy sprawy.

Przeważnie rozumie się, że gdy przymiar jest za długi, odważnik za ciężki, opornik zbyt oporny (oczywiście, w stosunku do tych wskazań, które z nich odczytujemy), to wzorce te obciążone są błędem dodatnim.

A więc w tym wypadku błąd ma znak zgodny z poprawką. W istocie, skoro wielkości (miernicze) tych wzorców są za duże, to znaczy, że wskazania, które tym wielkościom mają odpowiadać (które mają być ich miarami), są za małe, a więc poprawki mają również dodatnie.

Z drugiej strony, gdy waga, wodomierz, licznik en. el. *wskazują* za dużo, — „śpieszą się”, jak się mówi w podobnym wypadku o zegarze, — to *przyjęto* uważać ich błędy za dodatnie.

Tutaj błąd i poprawka mają znaki przeciwne, gdyż to już ustaliliśmy, że gdy wskazanie jest za duże, to poprawka *dodana* do niego ma dać wskazanie poprawne, a więc sama ona musi być ujemna.

Pomiar wykonany wzorcem za wielkim da w wyniku liczbę (miarę) *za małą*, zaś wynik pomiaru wykonanego przyrządem, który wskazał za dużo, jest *za duży*.

Sprawę więc należy wyjaśnić, aby móc ją uporządkować. Wyjaśnienie to nie jest trudne. We wzorcu mamy wskazanie i wielkość, którą wzorec ten ucieleśnia i którą odtwarzamy mierząc tym wzorcem. Gdyby wielkość miernicza wzorca była ściśle równa jego odpowiedniemu wskazaniu, to, oczywiście, wzorec byłby bez błędu. Lecz takich wzorców niema. Wielkość wzorca zawsze różni się od wskazania, które tej wielkości jest przypisane. Zachodzi pytanie, co przyjąć za punkt wyjścia: możemy bowiem uważać, że błąd jest we wskazaniu, bo ono różni się od odpowiadającej mu wielkości, albo odwrotnie, że wielkość jest obciążona błędem, gdyż nie jest równa wskazaniu. Możemy dopasować wskazanie do wielkości, lub odwrotnie — wielkość do wskazania. Jeżeli poprawnie zmierzona masa odważnika jest 1,02 g, a oznaczenie (wskazanie) jego 1 g, to możemy przyjąć, że błąd tkwi w jego *masie*, od której *odjąć należy* + 0,02 g, albo że błąd jest w oznaczeniu, od którego *odjąć należy* — 0,02 g.

Poprawkę odnosiliśmy zawsze do wskazania, tak u wzorców, jak u przyrządów mierniczych. Błąd natomiast u wzorców odnosimy do wielkości, u

przyrządów — do wskazań. Nierozróżnianie w słownictwie błędu wskazania i błędu wielkości tworzy ów zamęt, o którym wspominałem powyżej.

Uwzględniając powyższe, określimy osobno obydwa rodzaje błędów, mianowicie błąd wskazania i błąd wielkości.

Błędem wskazania narzędzia mierniczego nazywamy tę miarę, którą trzeba odjąć algebraicznie od wskazania nominalnego, aby otrzymać wskazanie poprawne. To określenie jest zgodne z potocznym znaczeniem wyrazu odjąć, znaczącego to samo, co pozbawić. Pozbawić zaś coś błędu znaczy uczynić bezbłędem, czyli, wyrażając się ściślej, — poprawnym.

Posiadam np. pojemnik brzegowy, na którym jest oznaczenie 1 l. Zapomocą odważenia jego zawartości wodnej przekonywam się, że objętość jego wynosi 1,001 l. Błąd wskazania, albo — w tym wypadku — błąd oznaczenia, jest więc — 0,001 l. Mierzac tym pojemnikiem otrzymuję wskazanie 1 l, gdy w istocie odmierzyłem 1 l + 0,001 l cieczy. Narzędzie wskazuje za mało — błąd *wskazania* jest ujemny.

Jeżeli licznik en. el. wskazuje za dużo, błąd wskazań jest dodatni, gdy za mało — ujemny. Tak jest powszechnie przyjęte w literaturze licznikowej i nie tylko w niej, ale tak samo rozumie się błąd wodomierza, wagi¹⁴⁾ i wogóle większości przyrządów miernicznych (nie wzorców, lecz przyrządów). Błędy odnosi się do wskazania, ale nie wymienia się, że to są błędy wskazań wagi, czy wodomierza, a mówi się wprost o błędach wagi, błędach wodomierza i t. p.

Ten sposób wyrażania doprowadza do szkodliwego pomieszania pojęć. Ktoś mówi: Mam wzorzec oporu elektrycznego, który ma przedstawiać 1 Ω. Poprawnie opór tego opornika wynosi 1,02 Ω. Wzorzec jest za duży, więc błąd jego jest dodatni.

Niepostrzeżenie w tem rozumowaniu zmieniony został znak błędu w stosunku do poprzedniej umowy. W istocie, jeżeli opór mego wzorca wynosi poprawnie 1,02 Ω, a wskazanie tegoż wzorca jest 1 Ω, to błąd wskazania jest ujemny, a nie dodatni, gdyż po odjęciu go od wskazania nominalnego otrzymamy wskazanie poprawne: 1 — (−0,02) = 1,02. I rzeczywiście, wzorzec ten wymierza z a m a ł o: miara, którą z niego odczytujemy ($I_n = 1 \Omega$), gdy go na miejsce mierzonego równego mu oporu do obwodu wprowadzamy, jest mniejsza od poprawnej miary tegoż oporu ($I_c = 1,2 \Omega$); gdy bowiem porównamy z jego oporem opór mierzony i znajdziemy go równym mu, to odczytawszy oznaczenie naszego opornika (wskazanie nominalne $I_n = 1 \Omega$) orzeczemy, że opór mierzony jest równy 1 Ω, a ponieważ poprawna miara tego samego oporu wynosi 1,02 Ω, t. j. więcej, przeto nasz opornik wskazuje za mało i jego błąd wskazania jest ujemny.

W literaturze metrologicznej nie stosuje się błędów wskazań do wzorców, gdzie go się zwyczajnie zastępuje błędem wielkości, który omówię póź-

niej. Natomiast, jeżeli przy badaniu przyrządów w miernicznych wprowadza się pojęcie błędu, to prawie zawsze ma się na myśli błąd, który powyżej nazwany został błędem wskazań.

W przyrządach o obszarze miernicznym nieograniczonym stosuje się pojęcie błędu względnego. W przeciwieństwie do poprawki względnej, błąd względny odnosi się nie do nominalnego, lecz do poprawnego wskazania i wyraża się go wzorem:

$$e_i = \frac{I_n - I_c}{I_c} \dots \dots \dots (3)$$

lub, częściej, stosunkiem procentowym

$$e_i = \frac{I_n - I_c}{I_c} \cdot 100, \dots \dots \dots (3a)$$

gdzie e_i oznacza błąd wskazań¹⁵⁾, zaś I_n i I_c mają poprzednie znaczenia.

Gdyby błąd był wyrażany w stosunku do wskazania nominalnego (a nie poprawnego), to zależność między poprawką a błędem wskazań byłaby najprostsza, mianowicie poprawka równałaby się błędowi, wziętemu z przeciwnym znakiem.

Skutkiem odmienności mianowników w wyrażeniach względnego błędu i względnej poprawki, zależności te są bardziej złożone. Wątpić można, czy rozbieżność ta jest dostatecznie usprawiedliwiona.

Posługując się wprowadzonymi oznaczeniami, ustalić możemy z łatwością¹⁶⁾ następujące zależności między błędem e_i i poprawką. Mianowicie:

$$I_c = I_n \frac{1}{1 + e_i} = I_n (1 - e_i + e_i^2 - \dots) \dots (4)$$

$$\frac{\Delta}{e_i} = - \frac{I_c}{I_n} \dots \dots \dots (5)$$

$$\Delta + e_i = - \Delta e_i,$$

skąd

$$\Delta = - \frac{e_i}{1 + e_i} = - e_i + e_i^2 - e_i^3 + \dots \dots (6)$$

Wzór (4) możemy przepisać w postaci

$$I_n = I_c (1 + e_i),$$

skąd wynika, że I_n i I_c są liczbami tego samego znaku. W istocie, aby te liczby mogły być znaków przeciwnych, e_i musiałoby być mniejsze od ujemnej jedności, to jest, innymi słowy, błąd przyrządu przekraczałby 100% każdego wskazania poprawnego, t. zn., że wodomierz np. musiałby się cofać, kiedy woda przez niego przepływa. Oczywiście, takich przyrządów niema.

Skoro więc liczby I_c i I_n są obie albo dodatnie albo ujemne, to ze wzoru (5) wynika, że Δ i e_i są zawsze znaków przeciwnych. Ze wzorów określających Δ i e_i wypyływa, że gdy

$$I_c > I_n, \text{ to } \Delta > |e_i|,$$

a gdy

$$I_c < I_n, \text{ to } |\Delta| < e_i.$$

Zastosujemy teraz pojęcie błędu wskazań do niektórych szczególnych przypadków.

¹⁵⁾ e_i — error indicationis.

¹⁶⁾ Równanie (5) otrzymujemy dzieląc częściami równanie (2) przez (3). Z równ. (5), na podstawie własności proporcji, wynika: $(\Delta + e_i) : \Delta = (I_n - I_c) : (-I_c) = -e_i$.

¹⁴⁾ Zingler J. Theorie d. zusammengesetzten Waagen. Berlin, 1924, pag. 69. Smoleński T. Wagi wozowe i wagonowe. W-wa, 1929, pag. 22. Raudnitz M. Theorie d. Fehler v. Grosswaagen (Messtechnik, 1930), pag. 31.

Przywykliśmy uważać za narzędzia miernicze (i tak je nazywać) nietylko samodzielne narzędzia, lecz także i takie, które dopiero w połączeniu z innymi stanowią zespół mierniczy, zdalny do wykonywania pomiarów. Takimi zespołami są cyrkiel i przymiar, waga odważnikowa i komplet odważników, galwanometr i komplet oporników (do pomiaru oporu metodą substytucji), transformator mierniczy i licznik energii elektrycznej (transformatorowy). W takich zespołach możemy, oczywiście, rozpatrywać, niezależnie od poprawek i błędów całego zespołu, także poprawki i błędy osobnych jego członów. Oczywiście, określając poprawki czy błędy członów, zakładamy, że pozostałe człony dają wskazania poprawne. Wyjaśnimy to przykładem. Wskazanie wagi odważnikowej równoramiennej przy odważaniu zwyczajnym (handlowym) daje odczytanie sumy oznaczeń odważników na szalce odważnikowej. Jeżeli szukamy poprawki i błędu takiej wagi, samej w sobie, to nietylko dla znalezienia wartości wskazania poprawnego o musimy posługiwać się odważnikami o wskazaniach poprawnych (i w rzeczywistości np. w urzędach miar używamy do tego celu odważników wysokiej dokładności), ale także zakładamy, że wskazanie nominalne otrzymaliśmy za pomocą odważników poprawnych. W przeciwnym razie znaleźlibyśmy poprawkę albo błąd nie samej wagi, lecz całego zespołu: waga + odważniki. Nawiasem dodać można, że taka poprawka czy błąd nie miałyby żadnej wartości wobec zmieniania się odważników na szalce przy odważaniu różnych ilości. Do użytku praktycznego raczej może być potrzebna znajomość poprawki wagi i poprawek odważników każdego oddzielnie.

Możemy wreszcie poszukiwać błędów nietylko wskazań narzędzi mierniczych, ale nawet poszczególnych ich własności i oddzielnych elementów, z których są zbudowane. Tak np. w wadze nierównoramiennej i w transformatorze mierniczym mamy do czynienia z przekładnią. Mówimy o błędzie przekładni. W wadze złożonej możemy iść jeszcze dalej: możemy rozpatrywać błąd przekładni którejkolwiek z jej oddzielnych dźwigni. Zastosowanie pojęcia błędu wskazań nie do całości narzędzia mierniczego, lecz do jego jednej własności lub części, która wskazań miary przecież nie daje, wymaga pewnych dodatkowych wyjaśnień, pewnego uogólnienia pojęcia wskazania.

W istocie na wadze nierównoramiennej odważnikowej, np. dziesiątnej, setnej, mamy oznaczenie przekładni w postaci $\times 10$, $\times 100$; na transformatorze np. prądowym — w postaci ułamka, wyrażającego stosunek natężenia prądu pierwotnego do natężenia prądu wtórnego (np. 300/15 A). Tę przekładnię, wskazaną na przyrządzie, odgrywającą rolę analogiczną do oznaczenia np. jednomiarowego przymiaru, będziemy uważali za wskazanie nominalne, czyli ^o) oznaczenie nominalne przekładni. Jeżeli chodzi o przekładnię jednej z wielu dźwigni wagi złożonej, to na niej, oczywiście, oznaczenia nie znajdujemy. Natomiast, na podobieństwo owego domyślnego oznaczenia przy którejkolwiek kresce przymiaru kreskowego, znajdziemy warunek konstrukcyjny, któremu zadość musi czynić przekładnia danej dźwigni. Przekładnię wynikającą z takiego warunku konstrukcyjnego uważamy

z natury rzeczy również za oznaczenie (wskazanie) nominalne przekładni danego przyrządu lub danej jego części. Oznaczeniu poprawnemu przekładni danej dźwigni, wagi czy transformatora odpowiada, oczywiście, ten stosunek ramion, względnie natężeń prądów, który poznaliśmy zapomocą kontrolnego pomiaru.

Błąd przekładni określimy podobnie jak błąd wskazań, mianowicie: *błąd wskazania przekładni* jest liczbą, którą trzeba odjąć od nominalnego wskazania (oznaczenia) przekładni, aby otrzymać wskazanie poprawne („rzeczywistą” wartość danej przekładni).

Niema potrzeby powtarzać określenia błędu względnego; jest ono analogiczne do określenia błędu wskazania narzędzia mierniczego, ale to zauważyć należy, że tak jak i w określeniu błędu narzędzia mierniczego nacisk musi być położony na wyrazie wskazanie (poprawne przekładni istniejącej). Pomińcie wyraz „wskazanie” nadałoby inne zgoła, wręcz przeciwnie znaczenie temu wyrażeniu (poprawna przekładnia).

Możemy oceniać nietylko błąd organu, części narzędzia mierniczego, lecz również błąd, wywołany wpływem pewnego zjawiska, a więc naprzykład możemy rozważać błąd oznaczenia przekładni dźwigni, spowodowany ugięciem dźwigni. W tym wypadku, oczywiście, przyjąć musimy, zgodnie z dotychczasowymi umowami, za wskazanie nominalne — przekładnię dźwigni nieodkształconej, a za wskazanie poprawne — przekładnię dźwigni ugiętej. Możemy, idąc jeszcze dalej, rozważać błąd wskazania długości ramienia dźwigni na skutek niedostatecznie dokładnego wykonania, dla którego, oznaczając przez l długość dźwigni (całej), przez k przekładnię nominalną (wskazaną), przez l_c poprawną długość danego ramienia, otrzymamy:

$$e_l = \frac{k}{k+1} \frac{l-l_c}{l_c}$$

Mówiliśmy już o tem, że jeżeli w zespole mierniczym poszukujemy błędu jednego z jego członów, musimy znaleźć takie określenie nominalnego wskazania tego członów, aby błędy innych członów nie wpływały na nie. To samo odnosi się, oczywiście, do poszczególnych organów lub własności jednego narzędzia mierniczego. Zachodzi więc między wskazaniem nominalnem wagi albo transformatora mierniczego (jako jednego z członów odpowiedzialnych zespołów mierniczych), wskazaniem poprawnem następującego członów (odważników, licznika transformatorowego) a nominalnem oznaczeniem K_n przekładni wagi albo transformatora następujący podstawowy związek o charakterze definicji:

$$I_{2c} K_n = I_{1n}, \dots \dots \dots (7)$$

gdzie w wypadku wagi I_{2c} oznacza sumę poprawnych wskazań odważników, znajdujących się na szalce odważnikowej¹⁷⁾, a I_{1n} nominalne wskazanie wagi, t. j. miarę masy znajdującą się na pomoście wagi, uzyskaną zapomocą odważników poprawnie oznaczonych i nominalne

¹⁷⁾ Porównaj Zingler. l. c. pag. 71.

go wskazania przekładni wagi. Podobnie w transformatorze mierniczym prądowym I_{2c} oznacza natężenie prądu wtórnego, zmierzone poprawnie, zaś I_{1n} natężenie nominalne prądu pierwotnego¹⁸⁾.

W świetle tych rozważań powróćmy do określenia błędu wskazań transformatora mierniczego. Wzór ogólny (3) musi być, oczywiście, zastosowany w myśl określenia błędu do prądu w uzwojeniu pierwotnym, bo transformator służy do tego, aby ten właśnie prąd mierzyć. Wzór (3) przybierze więc postać

$$e_i = \frac{I_{1n} - I_{1c}}{I_{1c}} \cdot 100 \dots (8)$$

Rugując w tym wzorze wartość I_{1n} za pomocą równania (7), otrzymamy

$$e_i = \frac{K_n I_{2c} - I_{1c}}{I_{1c}} \cdot 100, \dots (9)$$

zgodnie z określeniem Międzynarodowej Komisji Elektrycznej¹⁹⁾,²⁰⁾.

Jeszcze jedno należy tutaj ustalić. Jest jasne, że możemy oczekiwać, że wzór na błąd czy poprawkę wyrazi ją w postaci, którą przyjęliśmy dla określenia tych pojęć, tylko wtedy, gdy wchodzi do niego bezpośrednio liczby I_n i I_c . Gdy natomiast

¹⁸⁾ Oczywiście, że określenie wskazania przekładni transformatora tak, jak to czynią „Regeln für Wandler VDE 0,512” § 3-ci, jako stosunek nominalnego prądu (natężenia) pierwotnego do nominalnego prądu (natężenia) wtórnego, szwankuje logicznie, aczkolwiek daje ten sam wynik (p. niżej).

¹⁹⁾ C. E. I. Recommendations de la CEI pour les transformateurs de mesure. Londres, 1931, pag. 2 i 6.

²⁰⁾ Ponieważ

$$\frac{I_{1c}}{I_{1n}} = K_c \frac{I_{2c}}{I_{2n}}$$

przeto

$$\frac{I_{1n} - I_{1c}}{I_{1c}} = \frac{K_n - K_c}{K_c}$$

t. j. błąd wskazań wagi odważnikowej lub transformatora mierniczego jest równy błędowi oznaczenia przekładni.

Dotychczas panujący brak ustalonych zasad w określaniu pojęcia błędu, czemu tutaj zaradzić usiłujemy, powoduje zupełną, a wielce szkodliwą dowolność w tym kierunku w literaturze, dotyczącej liczników i transformatorów mierniczych. A więc np. Krukowski (Grundzüge d. Zählertechnik, Berlin, 1930, pag. 324) określa błąd przekładni wzorem dla poprawki: $(I_c - I_n) : I_n$. Wynik jest taki, że błąd oznaczenia przekładni i błąd wskazania transformatora mają znaki przeciwne. Natomiast Goldstein I. (D. Messwandler, Berlin, 1928, pag. 135) określa ten sam błąd wzorem: $(I_n - I_c) : I_n$, t. j. jako proponowany przezemnie błąd E_i (p. niżej).

w dalszych przekształceniach wartości te zastąpimy przez inne od nich zależne, to wzory te przybiorą inną postać. Np. wracając jeszcze do transformatora prądowego i zastępując we wzorze (9) I_{1c} przez $K_n I_{2n}$ ²¹⁾, otrzymamy

$$e_i = \frac{I_{2c} - I_{2n}}{I_{2n}} \cdot 100$$

Tutaj wskaźniki c i n w stosunku do wzoru (3) zmieniły miejsca. Oczywiście, zmiana taka zawsze nastąpi, ile razy na miejsce I_n i I_c wprowadzimy wartości do nich odwrotnie proporcjonalne. Tę zamianę można dosyć nieprzyjemnie odczuwać, jeżeli się zapomina, że, ogólnie biorąc, od wzorów (2) i (3) tylko wtedy można wymagać zachowania właściwej im konstrukcji w stosunku do wskaźników c i n , gdy wskaźniki te stosuje się bezpośrednio do wskazań, które pojęciowo błąd (albo poprawkę) określają, a nie do parametrów²²⁾, których one są funkcjami. Na to niema rady: prawa matematyczne i zjawiska przyrody mało się o to troszczą, aby wyrażać się w postaci łatwej do przyjęcia przez umysł ludzki.

²¹⁾ Oczywiście, wobec małości błędu transformatora:

$$K_n = \frac{I_{1c}}{I_{2n}} = \frac{I_{1n}}{I_{2c}}$$

²²⁾ Krukowski W. Grundzüge d. Zählertechnik, Berlin, 1930, pag. 324. Regeln für Wandler l. c. § 8.

²³⁾ Wskaźnikiem n można np. oznaczać każdy parametr wskazań, który jest wyłącznie funkcją danych, podanych na narzędziu, zaś wskaźnikiem c taki — który ma charakter wielkości poprawnej, t. j. gdy wynika wyłącznie z obserwacji narzędzi mierniczych normalnych.

Więc np. w licznikach energii elektrycznej stała (liczba obrotów tarczy, odpowiadająca 1 kWh) podana na tabliczce jest niewątpliwie stałą nominalną C_n , natomiast teoretyczna stała, którą otrzymujemy, dzieląc zaobserwowaną ilość obrotów licznika przez funkcję wskazań przyrządów normalnych (sekundomierza i np. watomierza), to jest poprawna liczba obrotów tarczy, odpowiadająca 1 kWh, już tylko z pewnym stopniem dowolności może być oznaczona przez C_c . Zupełnie już bezużyteczne byłoby głowienie się nad tem, który z dwóch czasów oznaczyć przez n , względnie przez c , czy ten zmierzony sekundomierzem, w którym licznik wskaże A_n kilowatogodzin, czy ten, w którym ten sam licznik, jednak tak (myślowo) przekonstrowany, że w tych samych warunkach, obracając się wolniej, względnie pośpieszniej, dałby to samo co poprzednio wskazanie (A_n), tym razem już poprawnie. Wprowadzenie w tym wypadku wskaźników n i c nie dawałoby zresztą żadnych udogodnień tak, jak zapewne nie daje ich w pracach niemieckich dowolne operowanie wskaźnikiem \mathcal{S} (Sollwert), stosowanym już to do wskazań nominalnych, już to do wskazań poprawnych. Lepiej przyjąć dla tych czasów oznaczenie odmienne, np. t_m (mierzony) i t_o . Wtedy wygląd oznaczenia od razu przypomni właściwą wielkość bez ryzyka pomyłek. (d. n.)

O kształtach równowagi cienkiego pręta kołowego w pewnych szczególnych przypadkach obciążenia*)

Napisał Dr. Inż. F. Szelałgowski.

§ 2. Obciążenie stanowią siły ściskające i momenty gnące, działające na końce rozpatrywanego pręta, oraz siła gnąca działająca w środku jego długości.

W niniejszym zagadnieniu równanie różniczkowe równowagi pręta przyjmie kształt następujący:

$$EJ \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} \right) = -Py + \frac{R}{2}x + m, \dots (49)$$

gdzie m oznacza moment osadczy końców rozpatrywanego pręta (rys. 7).

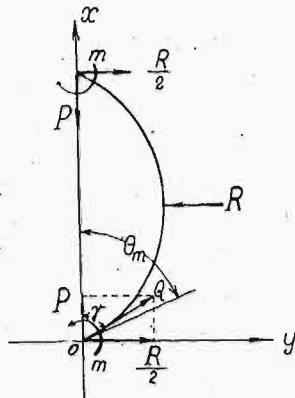
Różniczkując równanie (49) względem s , otrzymamy

$$EJ \frac{d^2\theta}{ds^2} = -P \sin \theta + \frac{R}{2} \cos \theta,$$

*) Dokończenie do str. 402 w zesz. 16 z r. b.

skąd następnie mnożąc je przez $\frac{d\theta}{ds}$ i całkując będziemy mieli

$$\frac{EJ}{2} \left(\frac{d\theta}{ds} \right)^2 = P \cos \theta + \frac{R}{2} \sin \theta + Q \mu.$$



Rys. 7.

Stałą całkowania μ określa równość

$$\mu = \frac{EJ}{2Q} \left(\frac{1}{\rho_0} + \frac{m}{EJ} \right)^2 - \frac{P}{Q} \cos \theta_m - \frac{R}{2Q} \sin \theta_m = \frac{1}{2q^2 \rho_m^2} - \cos(\theta_m - \gamma),$$

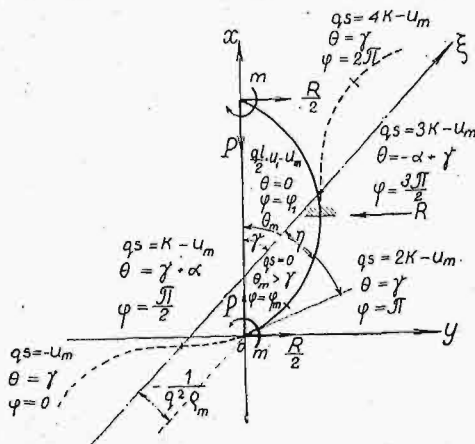
gdzie $\pm \rho_m$ i θ_m oznaczają promień krzywizny oraz kąt pochylenia stycznej w punkcie $x = y = s = 0$.

W zależności od stałej całkowania μ , która może się zawierać w granicach

$$\begin{aligned} \mu &> 1 \\ \mu &= 1 \\ -1 &< \mu < 1, \end{aligned}$$

należałoby, analogicznie jak w § 1, rozdz. II, rozpatrzyć trzy różne postacie odkształconego pręta.

Niniejsze badanie będzie się jednak ograniczało tylko do przypadku trzeciego, który zawiera naj-



Rys. 8.

więcej interesujące i najważniejsze zagadnienie określenia krytycznej wartości obciążenia R.

Zatem równania (34) i (35) przybiorą tutaj kształt odpowiednio zmieniony:

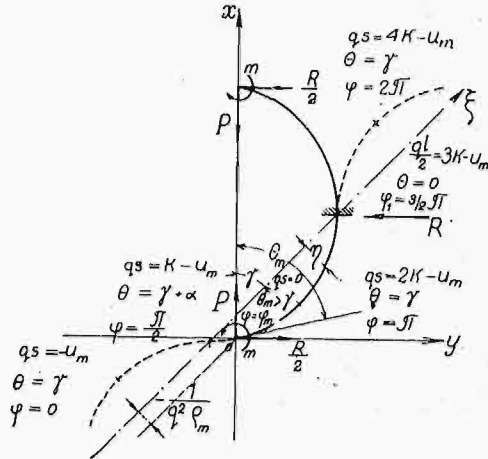
$$EJ \left[2qk \operatorname{cn}(u, k) - \frac{1}{\rho_0} \right] = -Py + \frac{R}{2}x + m, \quad (50)$$

i

$$x \cos \gamma + y \sin \gamma = \frac{1}{q} \left\{ 2 \left[E(u, k) - E(u_m, k) \right] - (u - u_m) \right\}, \quad (51)$$

skąd po uwzględnieniu zależności (4) oraz (5) będzie

$$y = \frac{R}{2qQ} \left\{ 2 \left[E(u, k) - E(u_m, k) \right] - (u - u_m) - \frac{2P}{qR} \left[2qk \operatorname{cn}(u, k) - \frac{1}{\rho_0} \right] + \frac{2mPq}{QR} \right\}, \quad (52)$$



Rys. 9.

$$x = \frac{P}{qQ} \left\{ 2 \left[E(u, k) - E(u_m, k) \right] - (u - u_m) + \frac{R}{2qP} \left[2qk \operatorname{cn}(u, k) - \frac{1}{\rho_0} \right] - \frac{Rmq}{2QP} \right\}, \quad (53)$$

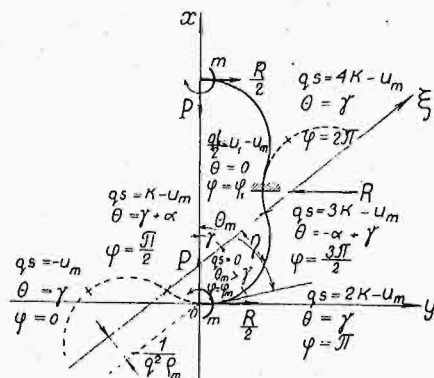
przyczem w omawianym zagadnieniu jest również

$$u = qs + u_m, \quad (54)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho} &= 2qk \operatorname{cn}(u, k), \\ \frac{1}{\rho_m} &= 2qk \operatorname{cn}(u_m, k), \\ \frac{q\bar{l}}{2} &= u_1 - u_m, \\ \sin \left(\frac{\theta - \gamma}{2} \right) &= k \sin \varphi, \end{aligned} \quad (55)$$

oraz

$$\sin \varphi = \operatorname{sn}(qs + u_m). \quad (56)$$



Rys. 10.

Punkty przegięcia omawianej krzywej leżą na prostej

$$\xi = y \cos \gamma - x \sin \gamma \pm \frac{1}{q^2 \rho_m} = 0,$$

co wynika bezpośrednio z równania (49).

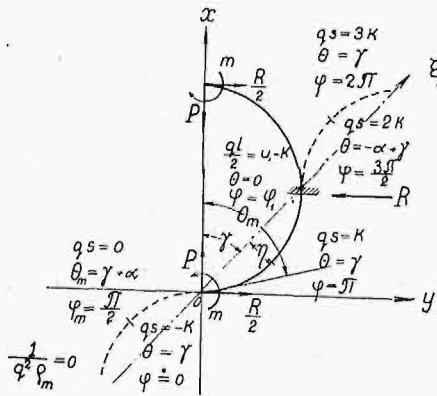
W zależności od położenia prostej ξ , mamy w omawianym przypadku zasadniczo dziewięć kształtów krzywych:

a) bez punktów przegięcia (rys. 8),

b) z jednym punktem przegięcia dla wartości $s = \frac{l}{2}$ (względnie z punktem spłaszczenia odnośnie całego pręta) (rys. 9),

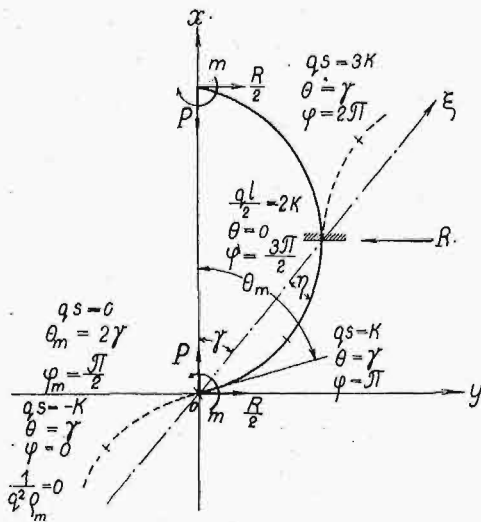
c) z dwoma punktami przegięcia, położonemi przy punkcie $s = \frac{l}{2}$ (rys. 10),

d) z dwoma punktami przegięcia dla wartości $s = 0$ i $s = l$ (rys. 11),



Rys. 11.

e) z trzema punktami przegięcia dla wartości $s = 0, s = \frac{l}{2}$ i $s = l$ (rys. 12), względnie z dwoma punktami przegięcia dla wartości $s = 0$ i $s = l$, oraz z punktem spłaszczenia w środku długości pręta,



Rys. 12.

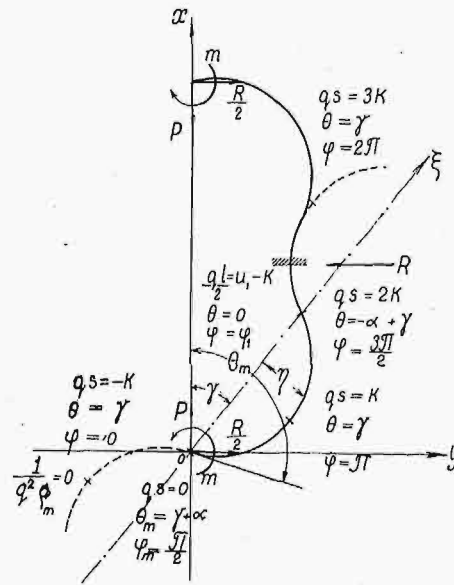
f) z czterema punktami przegięcia dla wartości $s = 0, s = l$, oraz przy punkcie $s = \frac{l}{2}$ (rys. 13),

g) z dwoma punktami przegięcia, położonemi przy punktach $s = 0$ i $s = l$ (rys. 14),

h) z trzema punktami przegięcia dla wartości $s = \frac{l}{2}$, oraz przy punktach $s = 0$ i $s = l$ (rys. 15),

względnie z punktem spłaszczenia, znajdującym się w połowie długości pręta, oraz z dwoma punktami przegięcia przy $s = 0$ i $s = l$,

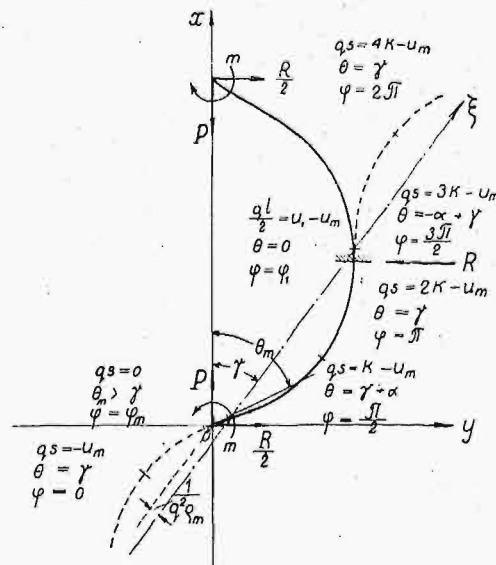
i) z czterema punktami przegięcia, położonemi przy punktach $s = 0, s = \frac{l}{2}$ i $s = l$ (rys. 16),



Rys. 13.

przyczem dla pewnych wartości modułu k mogą być również krzywe z punktami podwójnemi.

W zastosowaniu do łuku bezprzegubowego wartości siły P oraz momentu osadczego m będą zależne funkcjonalnie od wartości siły R .



Rys. 14.

Jeżeli więc oznaczymy rozpiętość łuku przez L i kąt pochylenia stycznej w punkcie $x = y = s = 0$ przez θ_m , to ze wzoru (53) będzie

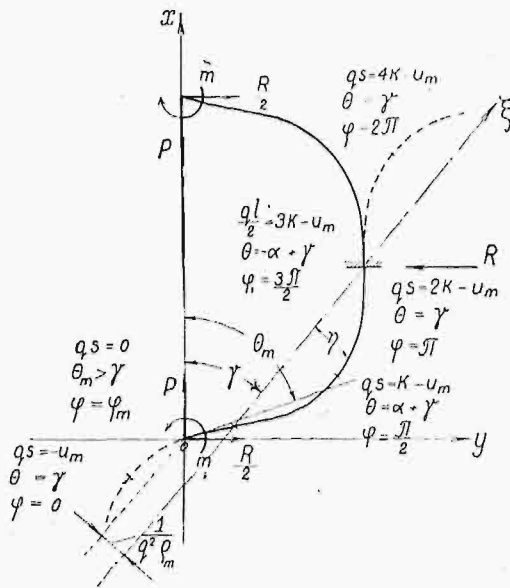
$$\frac{L}{2} = \frac{P}{qQ} \left\{ 2 \left[E(u_1, k) - E(u_m, k) \right] - (u_1 - u_m) + \frac{R}{2qP} \left[2qk \operatorname{cn}(u_1, k) - \frac{1}{\rho_0} \right] - \frac{Rmq}{2QP} \right\}, \quad (57)$$

jak również z równości

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d\theta}{ds} = 2qk \operatorname{cn}(u, k)$$

otrzymamy

$$\begin{aligned} \Theta_m &= 2k \int_{u_m}^{u_1} \operatorname{cn}(u, k) du = \\ &= 2i \log \left[\frac{\operatorname{sn}(u_1, k) + \frac{i}{k} \operatorname{dn}(u_1, k)}{\operatorname{sn}(u_m, k) + \frac{i}{k} \operatorname{dn}(u_m, k)} \right]. \end{aligned} \quad (58)$$



Rys. 15.

Analogicznie jak w § 1 rozdz. II, możnaby również i w tym przypadku dowiedzieć, że maximum obciążenia R_{KR} dla łuku bezprzegubowego odpowiada kształtowi równowagi krzywej tylko z punktem spłaszczenia, położonym w połowie długości łuku l , przyczem punkt spłaszczenia powstaje w tym miejscu prędzej niż punkty przegięcia dla $s = 0$ i $s = l$, ponieważ moment osadczy m_k dla obciążenia R_{KR} na podstawie wzoru (59) wynosi

$$m_k = -\frac{EJ}{\rho_0} + \frac{4EJ}{l} (3K_K - u_{mk}) k_k \operatorname{cn}(u_{mk}, k_k),$$

i jest mniejszy od momentu osadczego

$$m = -\frac{EJ}{\rho_0},$$

który miałyby miejsce wtedy, gdyby w punktach początkowym $s = 0$ i krańcowym $s = l$ powstały punkty przegięcia.

Zatem w danym przypadku jest również

$$\frac{1}{\rho_{1k}} = 2q_k k_k \operatorname{cn}(u_{1k}, k_k) = 2q_k \sqrt{k_k^2 - \sin^2 \frac{\gamma_k}{2}} = 0,$$

skąd

$$k_k = -\sin \frac{\gamma_k}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \gamma_k}{2}}.$$

Tak więc wzory określające wartości obciążeń R_{KR} i P_{KR} będą miały kształt uprzednio podany (45) i (46).

Obciążenie krytyczne gnące łuku bezprzegubowego jest przytem większe od odnośnego obciążenia krytycznego łuku dwuprzegubowego, gdyż wielkości K_K i k_k są w pierwszym przypadku większe niż w przypadku drugim.

Wartość momentu osadczego m_k będzie można określić z równania

$$\frac{1}{\rho_{mk}} = \frac{m_k}{EJ} + \frac{1}{\rho_0},$$

skąd przy uwzględnieniu zależności

$$\frac{1}{\rho_{mk}} = 2q_k k_k \operatorname{cn}(u_{mk}, k_k),$$

oraz

$$\frac{q_k l}{2} = 3K_K - u_{mk},$$

otrzymamy

$$m_k = EJ \left[\frac{4}{l} (3K_K - u_{mk}) k_k \operatorname{cn}(u_{mk}, k_k) - \frac{1}{\rho_0} \right]. \quad (59)$$

W końcu wielkości k_k i u_{mk} określą równania (57) i (58) w założeniu $u_1 = 3K_K$.

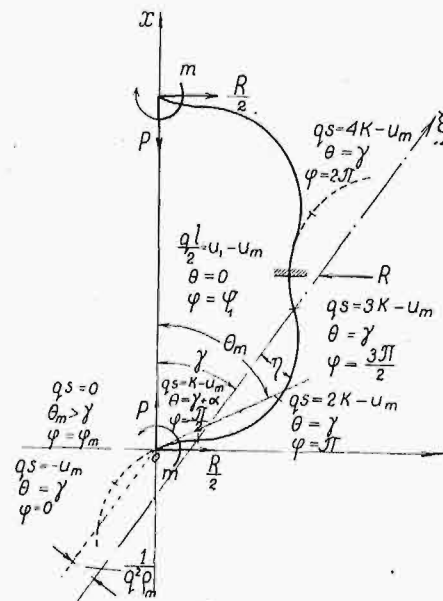
Zatem jest

$$\begin{aligned} L &= \frac{(1 - 2k_k^2) l}{(3K_K - u_{mk})} \left\{ 2 \left[E(3K_K, k_k) - E(u_{mk}, k_k) \right] - \right. \\ &\quad \left. - (3K_K - u_{mk}) - \frac{4k_k^2 k'_k \operatorname{cn}(u_{mk}, k_k)}{(1 - 2k_k^2)} \right\}, \end{aligned} \quad (60)$$

oraz

$$\Theta_m = 2i \log \left[\frac{\frac{ik'_k}{k_k} - 1}{\operatorname{sn}(u_{mk}, k_k) + \frac{i}{k_k} \operatorname{dn}(u_{mk}, k_k)} \right]. \quad (61)$$

Szczególny przypadek powyżej rozpatrzonego zagadnienia stanowi zagadnienie określenia wartości krytycznej obciążenia R dla okręgu koła o



Rys. 16.

promieniu ρ_0 , przyczem obciążenie powyższe stanowią cztery równe siły ściskające, działające wzdłuż głównych osi rozpatrywanego koła (rys. 17).

Obciążeniu krytycznemu R_{KR} odpowiadają tutaj punkty spłaszczenia krzywej odkształconego okręgu koła, w miejscach działania tychże sił.

Z równości (43) jest więc

$$\sin \gamma = 2 k_k k'_k = \frac{1}{\sqrt{2}},$$

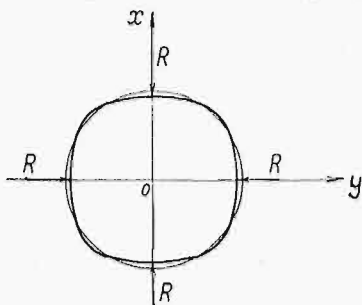
skąd

$$k_k = 0,38268.$$

Uwzględniając następnie otrzymaną wartość we wzorze (45) lub (46), oraz biorąc jednocześnie pod uwagę, że $u_{0k} = K_K$ i $\pi \rho_0 = l$, otrzymamy wartość obciążenia krytycznego

$$R_{KR} = \frac{3,040 EJ}{\rho_0^2}.$$

W końcu należy zaznaczyć, że we wszystkich rozpatrzonych zagadnieniach niniejszej pracy nie



Rys. 17.

uwzględniono wpływu skrócenia pręta na zmianę jego krzywizny.

Jednakże pominięcie powyższego jest w zupełności uzasadnione przy stosowaniu wzoru

$$\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} = \pm \frac{M}{EJ}$$

do prętów cienkich, z uwagi na niewielką zmianę długości pręta, wyrażającej się wielkością małą drugiego rzędu¹⁰⁾.

Wnioski.

1) Wartość obciążenia ściskającego, działającego na końcu odcinka cienkiego pręta kołowego, w założeniu praktycznie małych przesunięć, nie może osiągnąć wartości obciążenia krytycznego pręta prostego o tej samej długości l , oraz o tej samej sztywności EJ .

2) Miara wytrzymałości odcinka cienkiego pręta kołowego, obciążonego w krańcowych swych punktach siłami ściskającymi P , jest wartość skrajnego naprężenia

$$\sigma = \frac{P}{\omega} \pm \frac{P\delta}{W} = \frac{P}{\omega} \left[1 \pm \frac{\omega}{W p^2} \left(2pk - \frac{1}{\rho_0} \right) \right],$$

gdzie ρ_0 oznacza pierwotny promień krzywizny pręta, zaś $p = \sqrt{\frac{P}{EJ}}$.

Wartość modułu k należy określić z podanej niżej równości

$$k = \frac{1}{2p\rho_0 \left[1 - \frac{p^2 l^2}{8} + (1 + 4k^2) \frac{p^4 l^4}{384} - \dots \right]}$$

drogą kolejnych przybliżeń.

3) Miara wytrzymałości odcinka cienkiego pręta kołowego, obciążonego w krańcowych swych

punktach siłami ściskającymi P , działającymi na mimosrodku δ , jest wartość skrajnego naprężenia

$$\sigma = \frac{P}{\omega} \pm \frac{P(\delta + f)}{W} = \frac{P}{\omega} \left[1 \pm \frac{\omega}{W p^2} \left(2pk - \frac{1}{\rho_0} \right) \right],$$

gdzie ρ_0 oznacza pierwotny promień krzywizny pręta, zaś $p = \sqrt{\frac{P}{EJ}}$.

Wartość modułu k należy określić z podanej niżej równości

$$k = \frac{p^2 \delta + \frac{1}{\rho_0}}{2p \left[1 - \frac{p^2 l^2}{8} + (1 + 4k^2) \frac{p^4 l^4}{384} - \dots \right]}$$

drogą kolejnych przybliżeń.

4) Miara wytrzymałości cienkiego pręta prostego, obciążonego na końcach siłami ściskającymi P , działającymi na mimosrodku δ , jest wartość naprężenia skrajnego

$$\sigma = \frac{P}{\omega} \pm \frac{P(\delta + f)}{W} = \frac{P}{\omega} \left(1 \pm \frac{2\omega k}{Wp} \right),$$

gdzie

$$p = \sqrt{\frac{P}{EJ}}.$$

Wartość modułu k należy określić z równości

$$k = \frac{p\delta}{2 \left[1 - \frac{p^2 l^2}{8} + (1 + 4k^2) \frac{p^4 l^4}{384} - \dots \right]}$$

drogą kolejnych przybliżeń.

5) Obciążenie ściskające P , działające na końcu odcinka cienkiego pręta kołowego o pierwotnym promieniu krzywizny ρ_0 , osiąga swą największą wartość

$$P_{KR} = \frac{4K^2 EJ}{l^2},$$

gdzie K jest pełną całką Legendre'a, o ile w punktach działania wspomnianego wyżej obciążenia P powstaną punkty przegięcia, wywołane działaniem

momentów osadczych $m = \frac{EJ}{\rho_0}$.

6) Wartość krytyczna R obciążenia, gnącego łuk dwuprzegubowy, działającego w środku jego rozpiętości, jest

$$R_{KR} = \frac{16EJ k_k k'_k (3K_K - u_{0k})^2}{l^2},$$

przyczem wartości modułu k_k i argumentu u_{0k} powinny czynić zadość równaniom

$$L = \frac{(1 - 2k_k^2)l}{(3K_K - u_{0k})} \left\{ 2[E(3K_K, k_k) - E(u_{0k}, k_k)] - \frac{k_k k'_k l}{(1 - 2k_k)(3K_K - u_{0k})\rho_0} \right\},$$

oraz

$$k_k = \frac{l}{4(3K_K - u_{0k})\rho_0 \operatorname{cn}(u_{0k}, k_k)},$$

gdzie L oznacza rozpiętość łuku, zaś l jego długość.

¹⁰⁾ L. Saalschütz. Der belastete Stab. Lipsk. 1880.

7) Wartość krytyczna R , obciążenia gnącego łuk bezprzegubowy, działającego w środku jego rozpiętości, jest

$$R_{KR} = \frac{16 EJ k_k k'_k (3 K_K - u_{mk})^2}{l^2},$$

przyczem wartości modułu k_k i argumentu u_{mk} powinny czynić zadość równaniom

$$L = \frac{(1 - 2 k_k) l}{(3 K_K - u_{mk})} \left\{ 2 [E(3 K_K, k_k) - E(u_{mk}, k_k)] - \right.$$

$$\left. - (3 K_K - u_{mk}) - \frac{4 k_k^2 k'_k \operatorname{cn}(u_{mk}, k_k)}{(1 - 2 k_k)} \right\},$$

i

$$\Theta_m = 2 i \log \left[\frac{\frac{ik'_k}{k_k} - 1}{\operatorname{sn}(u_{mk}, k_k) + \frac{i}{k_k} \operatorname{dn}(u_{mk}, k_k)} \right],$$

gdzie Θ_m oznacza kąt zamocowania łuku w węzłach.

Wyniki badań laboratoryjnych nad wydatkiem rury o przekroju kołowym

(Dla Wydziału Wodociągów i Kanalizacji m. Warszawy).

Napisał Dr. Inż. K. Pomianowski, Profesor Politechniki Warszawskiej.

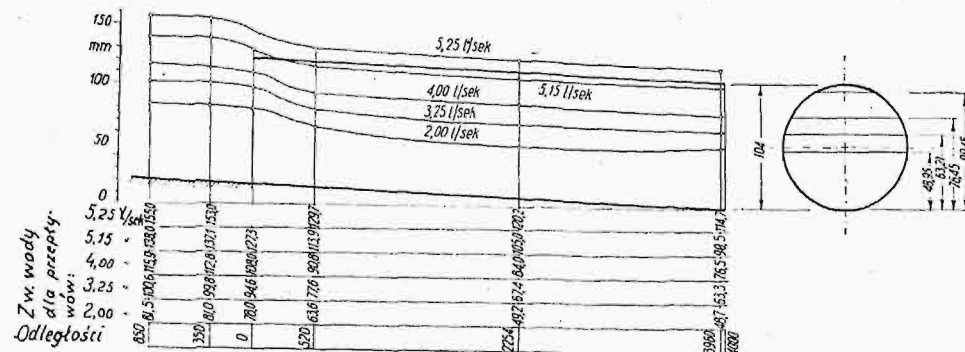
Dla przeprowadzenia badań nad wydatkiem kanału o przekroju kołowym Wydział Wodoc. i Kanal. m. Warszawy dostarczył Laboratorium Politechniki rurę żelazną kutą, o średnicy 104 mm, długości 4 000 mm. W rurze tej wywiercono otwory w kolejnych odległościach, licząc od początku rury: 520 mm, 2 254 mm, 3 930 mm i w otwory te wstawiono rury piezometryczne do pomiaru stanu wody, względnie napełnienia rury. Celem umożliwienia dostępu powietrza, wykonano ponadto w szczycie rury otwory w odległości 70 i 515 mm od początku rury. Przy badaniach wydatku rury pod ciśnieniem, otwory były zamykane plasteliną. Wprowadzenie wody do rury wykonano zapomocą leja z celuloidu, zapewniając łagodną i regularną zmianę przekroju i taką samą zmianę prędkości. Pomiar ilości wody dopływającej wykonano na starowanym przelewie Poncelet'a o ostrej krawędzi; poziom odpływu przy końcu rury

jednostce długości równałyby się jednostkowemu spadowi.

Musiano zatem zmniejszyć spad i założono rurę w spadzie 4 promille. Z powodu niezupełnie dokładnego osadzenia rury, spad rzeczywisty okazał się trochę większy i wynosił 4,125 promille (0,004125 mb/mb). Pomiarzy wykonano przy ilościach przepływających rurą: 2,0, 3,25, 4,00, 5,15, 5,20 l/sek. Ta ostatnia ilość wody przepływa pełnym przekrojem. Ponieważ chwila wypełnienia się przekroju jest trudna do uchwycenia, wydatek pełnego przekroju ustalono próbami, poddawszy całą rurę pod małe ciśnienie i regulując ilość wody dopływu, dopóki nie uzyskano spadu ciśnienia, równego spadowi rury (rys. 1 i 2).

Przy wszystkich napełnieniach rury obserwowano w środkowym piezometrze cokolwiek niższe napełnienie niż w początkowym i końcowym. Przyczyna tego leży prawdopodobnie w nieznacznej nieregularności przekroju w tym miejscu, lub lekkim i niedającym się zauważyć skrzywieniu rury.

Prócz poziomów wody w umieszczonych na rurze piezometrach, obserwowano także poziom wody przed wlotem do rury w komorze, w której prędkość przepływu była bardzo mała i mogła być w obliczeniu pominięta. Obserwacje te pozwoliły



Rys. 1. Przekrój podłużny rury ze spadami ciśnienia ($i = 4,125\text{‰}$, $d = 104$ mm) oraz przekrój poprzeczny rury.

regulowano zapomocą wstawionych w koryto odpływowe iglic żelaznych.

Pomiary rozpoczęto zakładając spad rury 15‰ , jednakże okazało się, że na całej długości rury, przy napełnieniach niższych od pełnego przekroju, panował ruch podkrytyczny, a ponadto zmienne, przyspieszony na początkowym odcinku, opóźniony na końcowym. Rura okazała się dla tego spadu za krótką, aby mógł się w niej ustalić ruch jednostajny, t. j. taki, przy którym opory ruchu na

obliczyć przy różnych napełnieniach rury współczynnik K oporu w rurze dla wzoru Chèzy'ego: $v = K \sqrt{ir}$, jak również stratę wlotową, będącą sumą dwu wartości: właściwej straty na wlocie,

ze wzoru $\frac{v^2}{2g} \zeta$, oraz współczynnika de St. Venant'a α ,

będącego stosunkiem wysokości prędkości, obliczonej z prędkości przeciętnej w przekroju, do wyso-

kości prędkości, obliczonej jako średnia z sum elementarnych wysokości prędkości.

Pomiary wykazały znaczną gładkość rury i bardzo wysoki współczynnik K dla wzoru Chèzy'ego, znacznie wyższy niż wynikałoby z zastosowania wzoru Bazin'a. W poniższym zestawieniu podane

są wartości γ wzoru Bazin'a oraz $K = \frac{87\sqrt{r}}{\gamma + \sqrt{r}}$, wy-

liczone dla różnych napełnień i ilości wody. W temże samem zestawieniu podano także współczynniki K dla wzoru Chèzy'ego, w końcu sumę strat $(\zeta + \alpha)$ na wlocie.

Średnica rury 104 mm, spad 0,004125 m/m

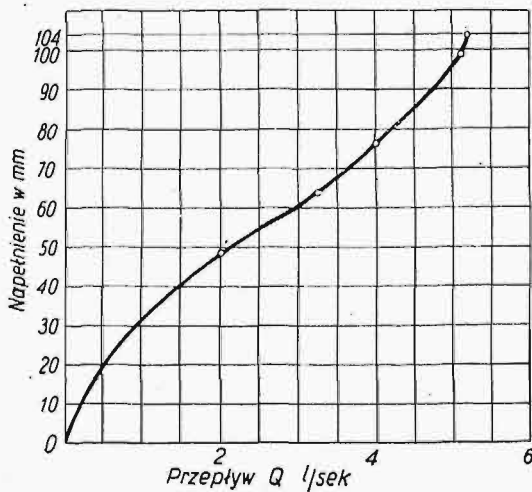
Wydatek	Napełnienie	K Chèzy'ego	γ Bazin'a	$(\alpha + \zeta)$
2,00 l/sek	48,95 mm	51,15	0,111	1,45
3,25 "	63,215 "	53,10	0,109	1,25
4,00 "	76,45 "	55,48	0,100	1,39
5,15 "	99,45 "	59,45	0,0783	1,216
5,20 "	104,00 "	61,22	0,0596	1,32

Z dołączonych wykresów wynika, że wydatek rury rośnie z napełnieniem i dochodzi do max. przy pełnym przekroju. Teoretycznie obliczane max., odpowiadające napełnieniu do wysokości 0,949 średnicy, nie sprawdza się, czego zresztą także dowiodły pewne pomiary amerykańskie i niemieckie.

Wytłumaczenie tego zjawiska staje się jasnym, jeżeli zanalizujemy podane w zestawieniu wartości K oraz wartości sum oporów wlotowych. I tak, suma oporów wlotowych wyraźnie maleje wraz ze wzrostem napełnienia, a tem samem wydatku i przeciętnej prędkości. Ponieważ opory wewnętrzne

ze wzoru $\zeta \frac{v^2}{2g}$ przy przejściu cieczy ze spoczyn-

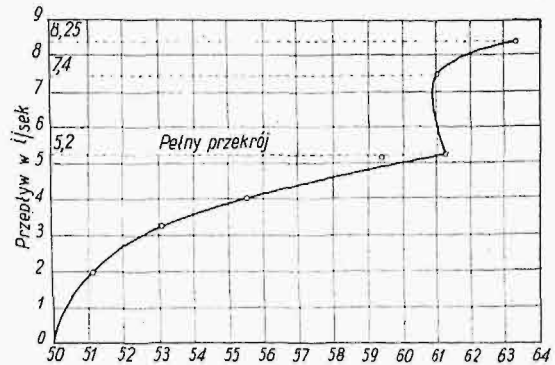
ku w ruch będą raczej wzrastać w miarę wzrostu prędkości, i co najwyżej mogą pozostać stałe, wynika z tego, że silnie maleć musi współczynnik de



Rys. 2. Krzywa konsumpcyjna przy spadku 4,125‰/00.

St. Venant'a α . Tak też jest w istocie, gdyż im będzie bardziej regularny przekrój płynącej wody i mniejsze różnice w prędkościach w poszczególnych elementach przekroju, tem mniejszą musi być różnica między wysokością prędkości obliczoną dla przeciętnej prędkości i przeciętną dla elementarnych prędkości. Współczynnik de St. Venant'a α ,

który w przekrojach rzecznych wynosi w przybliżeniu 1,113, w rurze pod ciśnieniem zakładu w Żurze wynosi, podług pomiarów, tylko 1,009 (średnica 4,0 m, prędkość 2,18 m/s, wydatek 27,4 m/sek). Z przebiegu krzywych prędkości w rurze w zakł. Żur



Rys. 3. Związek pomiędzy Q i K .

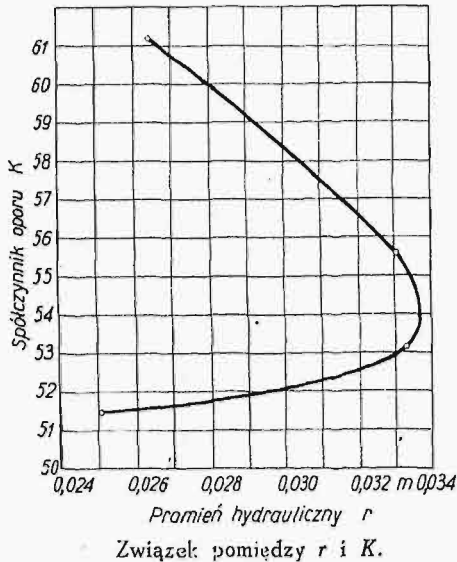
$$v = K\sqrt{r}$$

wynika, że tylko stosunkowo cienka warstwa wody przy samej powierzchni rury płynie ze znacznie zmniejszonymi prędkościami, podczas gdy główna masa wody ślizga się wzdłuż poprzedniej warstwy z prędkością niemal stałą. Oczywiście, gdy przekrój jest niepełny, oddziaływanie ścian jest znacznie większe, powstaje większa nieregularność ruchu i tem samem większe α oraz większa strata wlotowa. To samo tyczy się współczynnika K . Przedstawia on opory wzdłuż ścian i płaszczyzny zetknięcia z powietrzem oraz opory wewnętrzne cieczy. Przy pełnym przekroju niema oporów wzdłuż płaszczyzny zetknięcia z powietrzem, t. j. oporów wynikających z napięcia powierzchniowego cieczy, zaś opory ścian są rozłożone symetrycznie na obwodzie, co daje w rezultacie bardziej regularne zmiany prędkości w przekroju niż te, które się objawiają przy napełnieniach niższych. Pełny przekrój daje w rezultacie mniejsze opory niż przekrój niewypełniony. Objawia się to zmniejszeniem wartości współczynnika de St. Venant'a α oraz Bazina γ , względnie Chèzy'ego K . Odmierzając współczynnik K wzoru Chèzy'ego w zależności od promienia przekroju r (rys. 3), otrzymujemy dwie różne wartości K dla tych samych wartości r , przy niższym napełnieniu oraz przy pełnym przekroju. Wzór Chèzy'ego został ustalony na podstawie założenia, że przy większych napełnieniach i większem polu przekroju A zwiększa się także promień przekroju r . W przekrojach zamkniętych wypadek ten nie zachodzi, przy wzrastających napełnieniach blisko pełnego przekroju, wzrasta napełnienie, wzrasta pole, niewątpliwie z mniejszą a jają się opory ruchu, podczas gdy równocześnie promień r maleje. Dla bardzo wysokich napełnień przekroju zamkniętego, wzór Chèzy'ego nie da zatem prawdziwych wartości na prędkości i wydatek. Chcąc otrzymać wartości prawdziwe, należałoby współczynnik K powiększyć, lub dla określonego kształtu przekroju zamkniętego wyznaczyć laboratoryjnie przebieg krzywej konsumpcyjnej (rys. 4).

Dla określenia, jak przebiega współczynnik K i γ przy większych prędkościach i spadach, wykona-

no dalsze pomiary przy spadzie 7,4 promille i 8,25 promille. Wyniki są następujące:

Wydatek l/sek	Spad ciś- nienia ‰	K Chézy'ego	$(\alpha + \zeta)$	γ Bazin'a
5,20	4,125	61,22	1,32	0,0596
7,40	8,10	60,00	1,19	0,0725
8,25	9,10	63,27	1,22	0,060



Jak z zestawienia powyższego wynika, przy przeszło dwukrotnym wzroście spadu ciśnienia, współczynniki K , $\alpha + \zeta$, oraz γ zmieniają się bardzo niewiele i w sposób nieregularny, co dowodzi, że różnice są przypadkowe i powstałe wskutek obserwacji na zbyt krótkiej rurze. Przeciętne wartości dla pełnej rury są następujące: $K = 61,5$; $(\alpha + \zeta) = 1,24$; $\gamma = 0,064$.

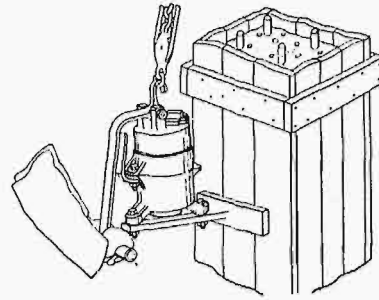
Z trzech ostatnich pomiarów ustalić można zależność wydatku od spadu, która się wyraża 1,84 pierwiastkiem ze spadu. Dla bardzo gładkich rur zależność ta była doświadczalnie określona przez Gibsona na 1,8 pierwiastku ze spadu, dla gładkich rur szklanych oraz dla gładkich rur żelaznych podawana przez Scobeya i Bukowskiego-Biegeleise na 1,9. Wysokość skrzyni wlotowej nie pozwoliła na przepuszczenie większych ilości wody, względnie zwiększenie spadu ciśnienia ponad wartość obserwowaną — max. 9,1‰.

Uszczelnianie masy betonowej przez potrząsanie i przetrząsanie

Od szeregu lat praktykuje się w budownictwie betonowym ostukiwanie młotami deskowań słupów i ścian po wprowadzeniu do formy masy betonowej; ma to na celu uszczelnienie betonu przez usunięcie z niego niezapełnionych gniazd i por powietrznych; również w tym celu porusza się pręty uzbrojenia w belkach żelbetowych zaraz po napełnieniu formy. Od paru lat zastosowano we Francji i w Ameryce znacznie skuteczniejsze od powyższych metody uszczelniania betonu — zapomocą mechanicznego działania przyrządów elektrycznych i pneumatycznych*).

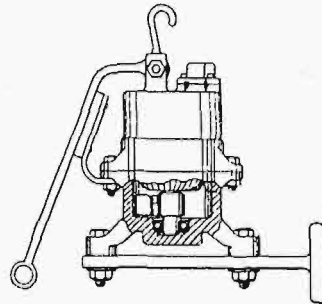
*) Beton u. Eisen, zes. 7/8 1933 r.

Przyrządy te, zwane ogólnie wibratorami, wprawiają beton w drgania, wskutek czego nawet bardzo sucha mieszanina staje się plastyczną, uклада się w formie szczelnie, osiadając i zgęszczając się, przyczem ilość por powietrznych zmniejsza się do minimum.

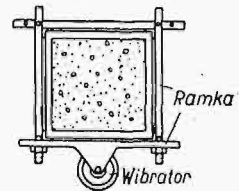


Rys. 1. Wibrator zawieszony, poruszany ręką.

Przy pomocy wibratorów osiąga się znacznie gęstszy i lepszy beton niż przez zwykłe ubijanie. Dla przykładu podamy, że na 1 m³ gotowego betonu zużyto przy doświadczeniach 1,20 m³ masy o konsystencji ziemistej przy sposobie zwykłego ubijania i 1,45 m³ przy zastosowaniu metody wibracyjnej; wytrzymałość tych 2 betonów miała się do siebie, jak 1 : 2.

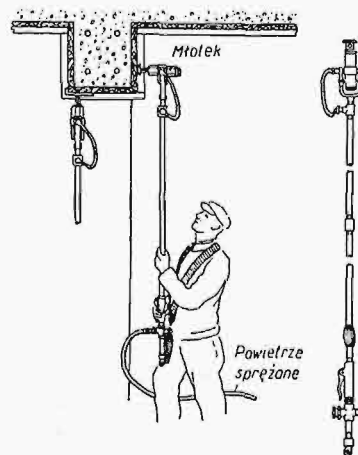


Rys. 2. Ustrój wibratora (wstrząsarki).



Rys. 3. Wstrząsarka przytwierdzona do ramki.

W metodzie wibracyjnej należy odróżnić 2 sposoby działania: 1) potrząsanie (fr. vibrer, niem. einrütteln) i 2) przetrząsanie (fr. per-vibrer, niem. durchrütteln). Potrząsanie polega na udzielaniu drgań betonowi przez działanie pośred-



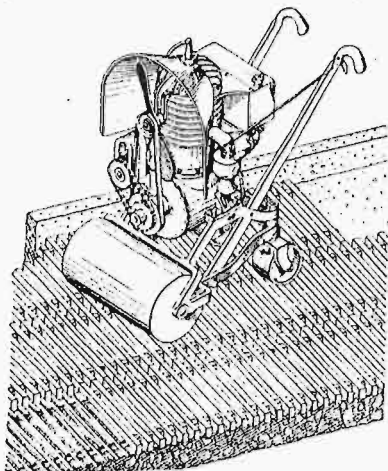
Rys. 4. Lekki wibrator ręczny.

nie przyrządów na deskowanie lub pręty uzbrojenia, przetrząsanie polega na bezpośrednim kontakcie wibratorów z masą betonową. Drugi sposób jest lepszy dlatego, że drgania mogą się rozchodzić promieniowo we wszystkich kierunkach masy i zatem nie ma strat energii na poruszanie deskowań, lub uzbrojenia, jednakowoż może być stosowany tylko tam, gdzie są duże masy betonu, jak np. w zaporach, b. grubych murach oporowych i t. p.; przy budowie belek, cieńszych ścianek, słupów nadaje się do zastosowania tylko sposób I.

Następujące przykłady najlepiej zilustrują obydwa sposoby działania wibratorów (wstrząsarek).

Potrząsanie.

Na rys. 1, 2 i 3 pokazane są wibratory, stosowane przy budowie słupów i ścianek; silniki elektryczne, umieszczone wewnątrz wibratorów, powodują ruch mimośrodowo osadzonej ich masy, dzięki czemu jej drgania udzielane są deskowaniu, a następnie i betonu.

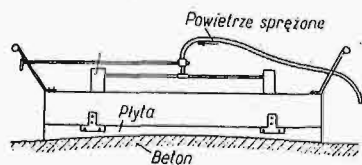


Rys. 5. Zastosowanie wstrząsarki do budowy drogi betonowej.

Wibratory te mogą być albo podwieszane jak na rys. 1, albo umocowane do słupa za pomocą ramek, jak na rys. 3. Ilość drgań na minutę może wynosić 2400 do 4000; przy 3600 obr./min silnika osiągnane są dobre wyniki.

Podwieszenie lub umocowanie wibratora nie da się wszędzie zastosować, to też stosowane bywają często przyrządy, jak na rys. 4, w postaci młotków o napędzie pneumatycznym. Temi przyrządami uszczelnia się beton w belkach w tym czasie, kiedy się betonuje płytę stropową.

Przyrządy podane na rys. 1—4 lepiej się nadają przy szalowaniach stalowych niż drewnianych, gdyż blachy stalowe lepiej przewodzą drgania i są wytrzymalsze na powtarzające się uderzenia.



Potrząsanie betonu ma również zastosowanie



Rys. 13. Widok przetrząsarek.

przy drogach betonowych. Na rys. 5 widzimy wibrator z silnikiem spalinowym, który za pośrednictwem rusztu z łąt drewnianych przekazuje drgania nawierzchni betonowej.

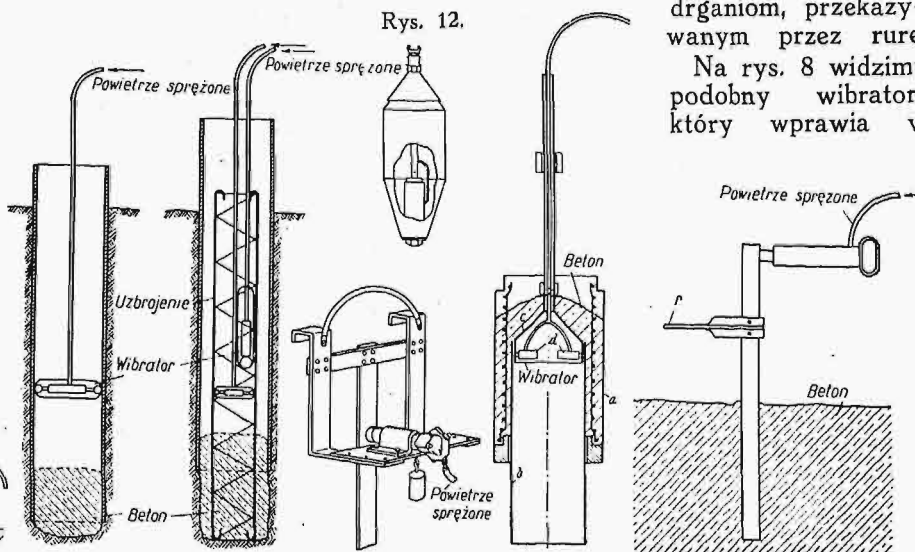
Na rys. 6 pokazany jest przyrząd do dróg, zaopatrzony w wibrator pneumatyczny i dolną płytę stalową, którą można wymieniać w zależności od wymaganej krzywizny profilu drogi.

Przy wykonywaniu słupów i pali stosowane są wibratory, jak na rys. 7 i 8. Na rys. 7 widzimy wibrator pneumatyczny, który wprawia w drgania rurę po każdorazowym jej podciągnięciu do góry i opuszczeniu na dół nowej partii betonu; beton zostaje tu uszczelniony, dzięki drganiom, przekazywanym przez rurę.



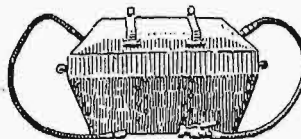
Rys. 16. Mały wibrator pneumatyczny.

Na rys. 8 widzimy podobny wibrator, który wprawia w

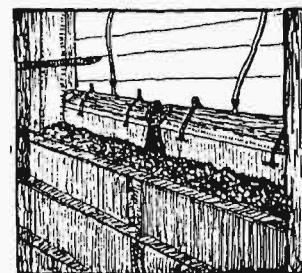


Rys. 6—12. Zastosowanie wstrząsarek: do budowy dróg (rys. 6); słupów i pali (rys. 7—10); schemat przetrząsania (rys. 11); przetrząsarka (rys. 12).

drgania uzbrojenie słupa żelbetowego; w tym wypadku pożądanym jest dla lepszego przewodzenia drgań, ażeby uzbrojenie podłużne i poprzeczne było ze sobą spawane.



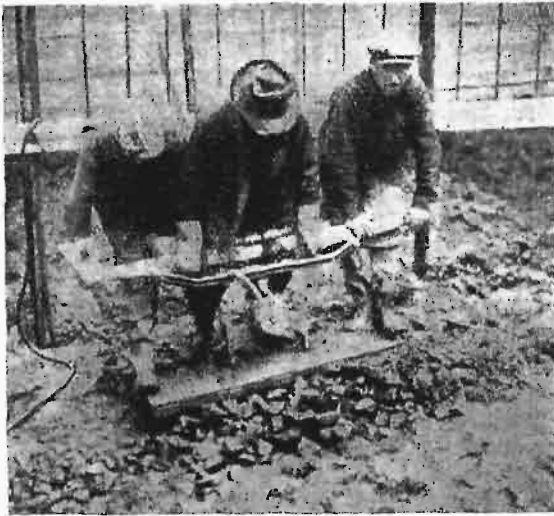
Rys. 14 i 15. Inny rodzaj przetrząsarki.



Rys. 15.

Potrząsanie betonu stosuje się też przy wykonywaniu t. zw. gotowych wyrobów betonowych, jak rury, kręgi studzienne i t. p. Na rys. 9 widzimy przyrząd z pneu-

matycznym wibratorem, który można zawieszać na szalowaniu betonowanej rury.

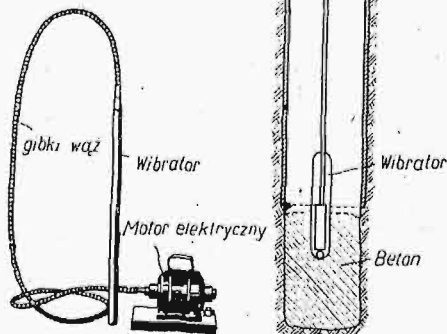


Rys. 17. Większy wibrator elektryczny.

Rys. 10 uwidocznia betonowanie rury przy jednoczesnym działaniu wibratora. Szalowanie zewnętrzne *a* jest nieruchome, podczas gdy szalowanie wewnętrzne w postaci rury, zaopatrzonej na górnym końcu w wibrator, stopniowo podnosi się do góry, w miarę dodawania masy betonowej.

Przetrzęsanie.

Najprostszy typ wibratora przetrzęsającego widzimy na



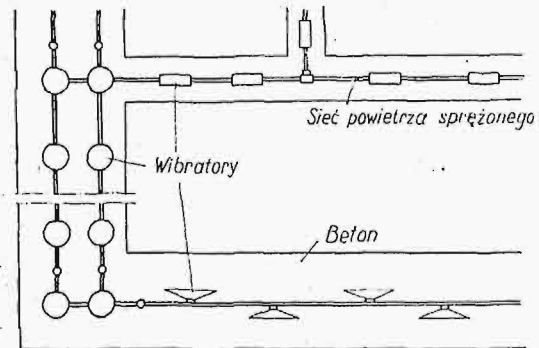
Rys. 18. Napęd elektryczny wibratora.

rys. 11; składa się on z pręta stalowego, opuszczonego w masę betonową, wprawianego w drgania zapomocą młotka pneumatycznego na górnym końcu i przesuwanego zapomocą rękojeści *r*.

Na rys. 12 i 13 widzimy wibratory pneumatyczne, w kształcie gruszek, zatapiane w masie beto-

nowej. Tęgo rodzaju wibratory można wykonywać o tak dużych wymiarach, że ich płaszcze stalowe „pływają” w betonie (rys. 14).

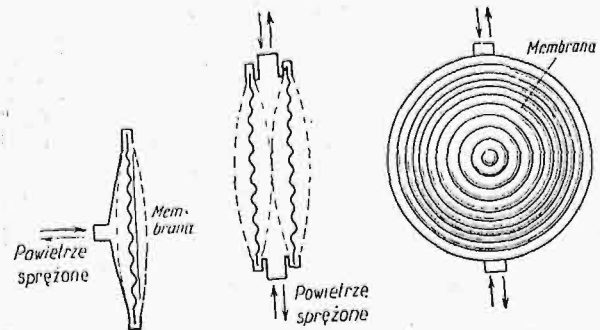
Na rys. 15 pokazane są wibratory tego typu, zastosowane przy budowie przewodów podziemnych w Paryżu.



Rys. 19. Sieć wibratorów na miejscu pracy.

Na rys. 16 przedstawiony jest pneumatyczny wibrator o niewielkich wymiarach (średnica 10 cm), służący do uszczelniania elementów konstrukcyjnych z gęsto rozłożonym uzbrojeniem, a więc do płyt, belek i t. p. Zasięg działania tego wibratora wynosi około 30 cm.

Rys. 17 uwidocznia większy wibrator z silnikiem elektrycznym, stosowany do bardzo suchego betonu przy budowie zapór.



Rys. 20—22. Wstrząsarki membranowe.

Na rys. 18 widzimy przyrząd, w którym drgania silnika elektrycznego przekazywane są wibratorowi zapomocą gibkiego węża; ten przyrząd może być stosowany do uszczelniania betonu na znacznych głębokościach (studnie, pale i t. p.).

Na rys. 19 przedstawiona jest sieć wibratorów, uszczelniających ściany. Wibratory w postaci krążków z jedną lub dwoma membranami (rys. 20, 21 i 22) są wprowadzane w drgania sposobem pneumatycznym.

W. Ż.

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH

GOSPODARKA ENERGETYCZNA.

Brytyjska sieć wysokiego napięcia.

Ustawa elektryczna z r. 1926 stworzyła podstawę do uporządkowania chaotycznej dotąd gospodarki elektrycznej w Anglii; celem jej było zredukowanie znacznej ilości elektrowni do niewielkiej liczby postawionych na wysokim poziomie technicznym i pracujących ekonomicznie, połączonych jedno-

litą siecią wysokiego napięcia. Bardzo ważną rzeczą było również ujednostajnienie częstotliwości prądu. Dla przeprowadzenia tych postulatów stworzono i wyposażono w bardzo obszerne pełnomocnictwa t. zw. Centralny Komitet Elektryczny (Central Electricity Board), któremu poddano wszelkie elektrownie, prywatne i komunalne, w zakresie spraw, związanych z wytwarzaniem energii, pozostawiając im swobodę jedynie w zakresie rozdziału i sprzedaży.

W r. 1927 Komitet opracował plan budowy sieci, obejmującej 6 500 km linii przesyłowych i 263 stacje transformatorowe rozdzielcze. Realizację planu, początkowo obliczoną na 8 lat, przyspieszono tak, że 1-go stycznia r. b. uruchomiono już wszystkie urządzenia w 2-ch okręgach, w pozostałych zaś 7-miu nastąpi to jeszcze w roku bieżącym.

Poniżej zebrano niektóre dane, dające pojęcie o wielkości zrealizowanych prac.

przez równomierne prawie rozmieszczenie kopalń węgla i źródeł wody chłodzącej w całej Anglii; wskutek tego oczywiście najbardziej opłaca się budowa zakładów elektrycznych w bezpośredniej bliskości ośrodków odbiorczych, zaś linie przesyłowe służyć mogą nie do przesyłania znacznych mocy, lecz jedynie do wyrównania obciążenia i zredukowania rezerw poszczególnych zakładów.

Moc zainstalowana elektrowni publicznych wynosiła w

Nazwa okręgu	Szkocja środkowa	Szkocja południowa	Anglia północno-wschodnia	Anglia Północno-Zachodnia i Walia Północna	Anglia Środkowo-Wschodnia	Anglia Środkowa	Anglia Wschodnia	Anglia Południowo-Wschodnia	Anglia Południowo-Zachodnia i Walia Południowa	Ogółem	Szkocja Południowa
Powierzchnia w 1000 km ²	12,8	11,0	13,0	23,1	19,2	18,7	8,8	22,4	43,8	172,8	52,4
Liczba mieszkańców w milionach	3,79	0,25	2,70	7,13	4,91	5,60	0,78	12,52	6,30	43,98	0,81
Liczba elektrowni istniejących w 1931 r.	27	4	19	78	44	48	11	110	111	452	22
Produkcja energii w milionach kWh	860,06	12,37	787,44	2180,40	1300,77	1562,15	79,45	3515,20	815,90	11 199,74	282,47
Selected stations:											
liczba istniejących	10	1	6	27	16	19	2	31	7	119	
liczba projektowanych	2	5	—	2	—	1	—	4	2	16	
Budowa linii w km:											
gotowych: na 31.XII.1929 r.	230	—	—	46	—	20	—	137	—	433	
" na 31.XII.1930 r.	386	—	—	163	153	217	—	468	8	1395	
" na 31.XII.1931 r.	386	13	283	535	760	610	168	925	153	3833	
projektowanych (prawie gotowe w końcu 1932 r.)	403	600	290	875	840	662	245	1350	1210	6475	
Kapitał zainwestowany do 31.XII.31 w milj. funtów sterl.:											
linie	0,67	0,38	0,76	1,45	1,20	1,09	0,33	4,41	1,23	11,520	
stacje transformatorowe i t. d.	1,10	—	0,47	1,76	1,20	1,39	0,15	3,33	0,91	10,31	
ujednostajnienie częstotliwości	2,16	—	4,06	0,23	—	1,43	—	0,03	0,13	8,04	
razem	3,93	0,38	5,29	3,44	2,40	3,91	0,48	7,77	2,27	29,87	
Przewidywane jeszcze wydatki na ujednostajnienie częstotl. w milj. f. sterl.	1,62	—	4,88	0,22	—	2,91	—	0,67	0,70	11,10	

Pewnego wyjaśnienia wymaga wymieniona w tabeli pozycja „selected stations”, czyli w dosłownym tłumaczeniu „elektrownie wybrane”; są to elektrownie, które wprawdzie pozostają własnością prywatną, jednak ich rozbudowa i eksploatacja podlegają całkowicie poleceniom komitetu. Energia, wytwarzana w tych zakładach, sprzedawana jest wyłącz- nie Komitetowi, który ze swej strony sprzedaje ją 660 koncesjonowanym przedsiębiorstwom, względnie gminom, po cenie, nieznacznie przewyższającej ewentualny koszt własny tych przedsiębiorstw, gdyby same wytwarzały energję. Inni odbiorcy prądu z sieci płać według ustalonej taryfy ramowej, w której cena prądu uzależniona jest od maksymalnego i normalnego poboru mocy, od współczynnika mocy, od ceny węgla.

Znacznym utrudnieniem w realizacji planu jest konieczność inwestowania wielkich sum na ujednostajnienie częstotliwości, przyczem oczywiście sumy te w pierwszym przybliżeniu wydatkowane są bez dostatecznego gospodarczego uzasadnienia, gdyż nie dają one możliwości bezpośredniego zwiększenia produkcji; oczywiście, rozumowanie to przy szerszym ujęciu sprawy nie jest słuszne, jednak niewątpliwie koszty ujednostajnienia częstotliwości kładą się ciężkim brzemieniem na kalkulacjach planu. Poza- tem również niekorzystną okolicznością stanowi konieczność przejęcia szeregu niewielkich, nieekonomicznie pracujących elektrowni, które dopiero stopniowo będą zastępowane przez zakłady nowoczesne. Paradoksalnie wprost brzmi twierdzenie — niewątpliwie zresztą słuszne, — że plan elektryfikacyjny utrudniony jest

r. 1931 — 6,95 milionów kW, zaś suma szczytów obciążeń — zaledwie 3,80 milionów kW; w ten sposób rezerwy wynosiły 83%, a nawet przy uwzględnieniu nierównoczesności szczytów w różnych zakładach — 100%. Gdy wszystkie elektrownie przyłączone będą do sieci, wystarczy rezerwa 20% w stosunku do szczytu obciążenia sieci, a więc będzie można poczynić znaczne oszczędności na budowie i rozbudowie elektrowni; wobec sumy oszczędności, w ten sposób uzyskanych, koszty budowy sieci przesyłowej stanowią nieco więcej niż 50%.

Poza temi oszczędnościami plan winien dać zmniejszenie kosztów wytwarzania energii dzięki rozbudowie zakładów nowoczesnych; w r. 1931 średni rozchód węgla wynosił w Anglii 0,85 kg/kWh, natomiast w wielkich elektrowniach — zaledwie 0,55 kg/kWh. Przyjmując, że pozostanie w pracy 500 zakładów o rozchodzie 0,70 kWh i 135 „selected stations” o rozchodzie 0,60 kg/kWh, oblicza się roczną oszczędność w r. 1945 na 5 do 6 milionów funtów sterl., uwzględniając w tem również i zmniejszony koszt obsługi kapitałów zakładowych. Cena własna 1 kWh obniży się dzięki temu o 1 grosz, co stanowi mniej więcej 15% obecnych cen.

Wszystkie te korzyści natury ekonomicznej ujawnia się dopiero w jakimś czasie po zrealizowaniu planu, zaś obecnie z różnych stron wypowiedane są obawy, że bezpośrednim skutkiem realizacji planu będzie powiększenie kosztów własnych produkcji energii, oczywiście tylko w ciągu pewnego okresu przejściowego. (E. T. Z. 19, 1933).

J. S.

KOTŁY PAROWE.

Paleniska na węgiel, ropę i gaz.

Czasopismo „Power”, omawiając w zesz. 1 z r. b. postępy techniki cieplnej w r. ub., stwierdza, że ze względu na wahań cen różnych paliw rozpowszechnia się w U. S. A. stosowanie palenisk, pozwalających na przejście od opalania paliwem stałym, do opalania ropą lub gazem, w zależności od tego, które paliwo jest w danej chwili tańsze. Najczęściej instaluje się palniki gazowe ponad rusztem mechanicznym, przyczem części rusztu są osłaniane w razie korzystania z palników. Próbowano też zastosowania palenisk, opalanych równocześnie gazem i węglem (pyłem). Liczne paleniska na ropę projektuje się tak, by w razie potrzeby można było przerobić je bez trudności na opalanie węglem.

Aczkolwiek w r. 1932 nie zainstalowano palenisk rusztowych o wymiarach rekordowych, to jednak średnia ich wielkość wykazała dalszy wzrost. Na rynku zbytu zaznacza się większy popyt na paleniska rusztowe, niż na pyłowe, co dowodzi, że obydwa systemy osiągają sprawność równorzędną.

W dalszym ciągu stwierdza się korzyści regulacji (ręcznej i automatycznej) strefowego dopływu powietrza; w jednym wypadku zanotowano wzrost sprawności o 31% dzięki regulacji ręcznej, w innym regulacja samoczynna pozwoliła podnieść sprawność z 82,3 do 85,4%.

Interesującą nowością było wprowadzenie elektrohydraulicznego napędu rusztów, który to napęd pozwala na zmianę zasilania w sposób ciągły w granicach od 1 do 100%.

CHEMICZNY PRZEMYSŁ.

Nowe zastosowania srebra w przemyśle chemicznym.

Srebro znajdowało dość duże zastosowanie w przemyśle chemicznym i farmaceutycznym, jednakże jego cena nie pozwalała dawniej na szersze rozpowszechnienie tego metalu w zastosowaniu do różnych urządzeń przemysłowych. Obecnie atoli, dzięki niższej cenie, znalazło srebro nowe pola zastosowań, m. in. i w przemyśle spożywczym.

Srebro znajduje się w sprzedaży w postaci cienkich płytek (listków) rozm. grubości, w postaci rur, drutu i zlewów. Jest ono odporne na kwas octowy. Stosuje się je w instalacjach do odzyskiwania rozpuszczalników i w urządzeniach kondensacyjnych do skraplania par kwasów w fabrykach jedwabiu sztucznego. Również do dystylacji fenoli, gdy się chce otrzymać je w stanie bardzo czystym, używa się urządzeń srebrnych. W niektórych procesach chlorowania stosuje się węzownice srebrne.

Gdy chodzi o mniejszy koszt takich instalacji, stosuje się rury miedziane, wyłożone lub otoczone blachą srebrną. W ten sposób wykonywano np. niektóre rurociągi, wyposażając je jakby w tulejkę wewnętrzną z rurek srebrnych. (Chem. & Metall. Engg. 3 listopada 1932 r. Techn. Mod. zesz. 5, 1933 r.).

SPAWANIE.

Postępy spawania i cięcia płomieniem.

Czasopismo „Revue générale de la Soudure Autogène” (marzec 1933 r.) omawia zagadnienie spawalności stali nierdzewiejących, dochodząc do wniosku, iż — przy zachowaniu pewnych reguł postępowania i warunków pracy — stale te są całkowicie spawalne. W innym artykule, poruszającym sprawę spawania w budowie samochodów, autor stwierdza, iż czyni ono coraz dalsze postępy, przyczem osiąga się oszczędność wagi i wzrost sztywności. Cięcie płomieniem — jak podaje inna praca w tym samym zeszycie — może być stosowane do blach o grubości do 200 mm przy użyciu przenośnej maszyny tnącej, poruszających w r. 1932.

nej przez napęd elektryczny wzdłuż danego obwodu wycięcia.

Zastosowanie spawania do budowy 50 t-wych węglarek przyniosło 20% oszczędności w stosunku do nitowania („The Welding Engr”, kwiecień, 1933 r.).

Czasopismo „Spawanie i Cięcie Metali” (zesz. 1—2 z r. b.) opisuje naprawę węzownicy przegrzewacza przez wycięcie części skorodowanej i wstawienie nowej, połączonej z pozostałą w drodze spawania acetylenowego.

W celu bliższego zbadania przebiegu spawania, sfilmowano ten zabieg; film, wyświetlany w tempie zwolnionem, pozwala dokładnie śledzić okresy trwania łuku, wytwarzanie się kropel metalu, ich ilość, okresy gaśnięcia łuku, a nadto badać wpływ natężenia prądu i in. czynników spawania. (T. Z., marzec 1933 r.).

SILNIKI PAROWE.

Trudności w ruchu wysokoprężnych parowych silników tłokowych.

Wytwórnia Philip Carey Co. w Lockland (Ohio) używa 2-ch tłokowych maszyn parowych o prężności pary dołotowej 105 kg/cm² i temperaturze 414° C. Para odlotowa odpływa pod ciśnieniem 4,55 kg/cm² i ogrzewa parowniki. Moc każdego z silników wynosi 3570 kW, przy 225 obr./min. Silniki pracują z potrójnym rozprężaniem pary, przyczem dwa tłoki wysokoprężne jednostronnego działania mają średnicę po 367 mm, dwa tłoki średnioprężne, również jednostronnego działania, — średnicę po 540 mm, i wreszcie jeden tłok niskoprężny — średnicę 650 mm. Tłoki wysokoprężne znajdują się ponad średnioprężnymi. Po opuszczeniu cylindrów średnioprężnych, para jest ogrzewana do 214° C. Pewne trudności następcza synchronizacja pracy obu silników; częściowo osiągnięto ją po przeróbce regulatorów, całkowicie zaś — po dodaniu koła rozpędowego i umieszczeniu cewek wyrównawczych w uzwojeniach prądnic. Smarowanie tłoków cylindrów wysokoprężnych nie było początkowo zadowalające, co powodowało nadmierne zużywanie się powierzchni tulei roboczych i potrzebę częstej wymiany pierścieni. Stosowano najrozmaitsze rodzaje tulei, tłoków i pierścieni, dopiero jednak przedłużenie tłoków do takiego stopnia, że można było na nich zmontować po 11 pierścieni, dało lepsze wyniki. Duża ilość otworów smarujących w cylindrze zapewniała w zasadzie dostateczne smarowanie, zużycie jednak zarówno tulei, jak pierścieni, było wciąż znaczne; zaczęto wówczas rozpatrywać sprawę ze strony materiałowawczej i ostatnio osiągnięto lepszą pracę, dzięki wykonaniu tulei z żeliwa o wielkiej twardości, przy dużej jednorodności budowy.

W dalszym ciągu artykułu autor wymienia szereg niedomagań wysokoprężnej pyłowej instalacji kotłowej i sposoby, jakimi je usunięto. (Power, kwiecień 1933 r.). T.

Sprostowania.

Wystawa Elektrotechniczna.

W artykule p. t. „Wystawa Elektrotechniczna”, zamieszczonym w zesz. 12 z r. b., omyłkowo zaznaczono, że nie biorąca udziału w Wystawie wytwórnia Polsk. Zakł. Brown-Boveri jest nieczynna. Tymczasem — jak nam komunikuje Dyrekcja tej firmy (obecnie Rohn-Zieliński, licencja Brown-Boveri), fabryki jej w Żychlinie i Cieszynie, od chwili uruchomienia (we wrześniu r. ub. i marcu r. b.), są w ruchu i wykonywają szereg silników elektrycznych, m. in. dla warszawskich tramwajów miejskich.

Lokomotywy diesel- elektryczne.

W zesz. 17 „Przeglądu Technicznego” z r. b., na str. 427 w łamie prawym wydrukowano zbędnie 2 ostatnie wiersze, nie odnoszące się do artykułu o podanym wyżej tytule.

Wytwórczość żelaza i stali.

W artykule o tytule powyższym, na str. 369 w zesz. 14 z r. b., mylnie wydrukowano w nagłówku: w r. 1930, zamiast w r. 1932.

SPRAWOZDANIA I PRACE POLSKIEGO KOMITETU ENERGETYCZNEGO

BULLETIN DU COMITÉ POLONAIS DE L'ÉNERGIE

TREŚĆ

Płynny gaz ziemny „gazol”, nap.
Inż. M. Wieleżyński.

Rola torfu, jako źródła energii
w Polsce, nap. Prof. Inż. St. Turczy-
nowicz.

Pobieranie i przygotowywanie
prób węgla kamiennego do
analizy (projekt normy).

WARSZAWA
13 WRZEŚNIA
1933 r.

SOMMAIRE

Le gaz fossile liquide (le „ga-
zol”), par M. M. Wieleżyński, Ingé-
nieur.

Le rôle de la tourbe en Pologne
au point de vue énergétique,
par M. St. Turczynowicz, Professeur
à l'Ecole Centrale de l'Agriculture.

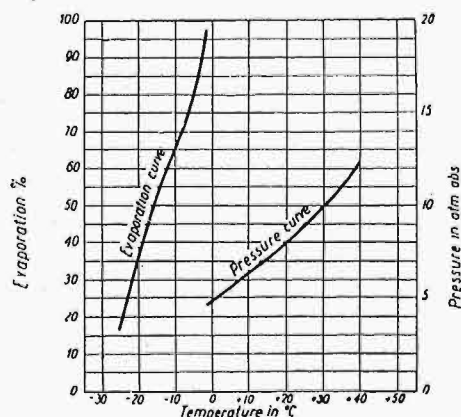
Le projet de la norme de la pré-
paration des échantillons du
charbon pour l'analyse.

Płynny gaz ziemny „gazol”*)

Napisał Inż. M. Wieleżyński, Lwów.

Gazol jako produkt dystalacji gazoliny.

Gazy ziemne (naftowe) posiadają, jak wiadomo, obok zasadniczego składnika — metanu (CH_4) również cięższe węglowodory, a związki te zawarte są w gazie ziemnym w różnej koncentracji od kilku do 500 g/m^3 . Ponieważ wymienione składniki gazu znajdują się przy normalnej temperaturze i przy ciśnieniu atmosferycznym przeważnie w stanie płynnym, można je łatwo wydzielić z gazu ziemnego za pomocą kompresji, absorpcji olejem lub adsorbpcji węglem aktywnym. Głównymi składnikami, uzyskiwanego w ten sposób produktu, gazoliny — (Natural Gasoline) są pentan i hexan, przy stosowaniu jednak niskich temperatur chłodzenia zawiera ona jeszcze rozpuszczone węglowodory lekkie, jak etan, propan, butan, izobutan, które pogarszają wartość handlową gazoliny, gdyż jako nisko wrzące frakcje ulatniają się podczas transportu i magazynowania.



Rys. 1.
Wyniki
dystalacji
gazolu.

Lekkie składniki gazoliny usuwane były w Ameryce przez przedmuchiwanie powietrzem, przy czym często wyparowywało do 40% gazoliny. W Polsce inaczej rozwiązano zagadnienie: Prof. Ignacy Mościcki pierwszy skonstruował i opatentował w r. 1917 system dystalacji gazoliny pod ciśnieniem, jako metodę dotąd w tej dziedzinie nieznaną. W kilka lat później zaczęto w Ameryce stosować t. zw.

*) Referat zgłoszony przez PKEn na tegoroczny Zjazd sekcyjny WKEn w Skandynawji.

stabilizatory gazoliny, a w Polsce wybudowano je po raz pierwszy w r. 1928. W stabilizatorach tych poddaje się gazolinę częściowej dystalacji, poczem wydzielające się lekkie, nisko wrzące węglowodory spręża się, oziębiając równocześnie, przez co otrzymuje się gaz skroplony, będący mieszaniną propanu i butanu ze znaczną przewagą propanu.

Gaz taki nosi nazwę g a a z o l u i posiada następujące własności: ciężar właściwy w stanie płynnym 0,540 kg/l (przy 15° C), waga 1 m^3 gazolu — 2,27 kg , wartość opałowa górna 27000 kcal/m^3 , a wydajność z 1 kg gazolu 440 l gazu.

Srednie wartości odparowania i prężności par:

temp. —39° C	odparowanie: początek wrzenia	temp. 0,0° C	naciśnienie 4,3 atm.
—29 „	31,0%	+ 5 „	5,1 „
—19 „	63,0%	+10 „	5,9 „
— 8 „	84,0%	+15 „	6,7 „
— 5 „	92,0%	+20 „	7,8 „
— 4 „	95,0%	+25 „	8,9 „
— 3 „	97,0%	+30 „	10,0 „
— 2 „	98,0%	+35 „	11,0 „
		+40 „	12,5 „

Na rysunku 1 przedstawiono graficznie wyniki dystalacji oraz prężność par gazolu w zależności od temperatury.

Do transportu gazolu używa się butli stalowych, do których wtłacza się gazol pod ciśnieniem ok. 6 atm. Rurka odpływowa sięga od zaworu aż do dna butli i umożliwia utrzymanie stałego ciśnienia podczas pobierania gazu z butli.

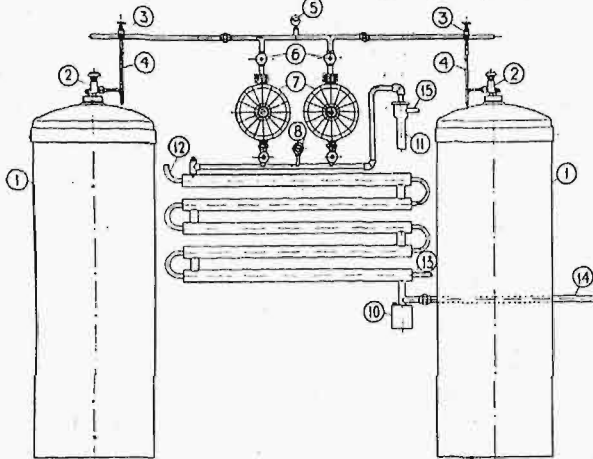
Gazol w zakładach przemysłowych.

Instalacja gazolowa dla wielkiej konsumpcji w zakładach przemysłowych przedstawiona jest na rys. 2. Wobec znacznych ilości gazolu, pobieranych w tych instalacjach w jednostce czasu, nie wystarczy tu dla odpowiedniego odparowania gazolu ciepło pobrane z otoczenia, stosuje się przeto specjalny podgrzewacz na parę lub wodę ciepłą, w którym gazol przeprowadzany jest w przeciwnym kierunku z medjum ogrzewającym. Poza to zastosowane tu są reduktory ciśnienia, dobrane do ilości wytwarzanego gazu.

Gazol znalazł przedewszystkiem szerokie zasto-

sowanie praktyczne jako materiał opałowy, spalany bezpośrednio w palnikach, przy czym stosunek gazu do powietrza wynosi ok. 1 : 30. Konstrukcja palników zależna jest od rodzaju zastosowania gazu. W większości wypadków składają się one z rury dziurkowanej lub opatrzonej otworami z nasadką siatkową, oraz injektora, w którym strumień gazu zasysa powietrze pierwszorzędne przez otwory, regulowane odpowiednią przysłoną, lub zaopatrzone w odpowiedni zawór mieszankowy.

Gazol ze względu na wysoką wartość kaloryczną, stały skład paliwa, jak też z powodu braku wszelkich zanieczyszczeń, jak siarka i t. p., znalazł szerokie zastosowanie tak do opału w gospodarst-



Rys. 2. Instalacja gazolowa w zakł. przemysłowym. wach domowych i zakładach przemysłowych, jak i do oświetlenia, celów laboratoryjnych, technologicznych, spawania i cięcia metali i t. d.

Rozchód gazu jest następujący:

w kuchence gazowej na 1 płomień	0,146 kg/godz.
w lampie gazowej na 1 płomień	0,022 " "
w palniku laborat. na 1 płomień	0,108 " "
na opalacze tkanin	0,0032 kg/mb. tkaniny

Gazol jako materiał napędowy do silników.

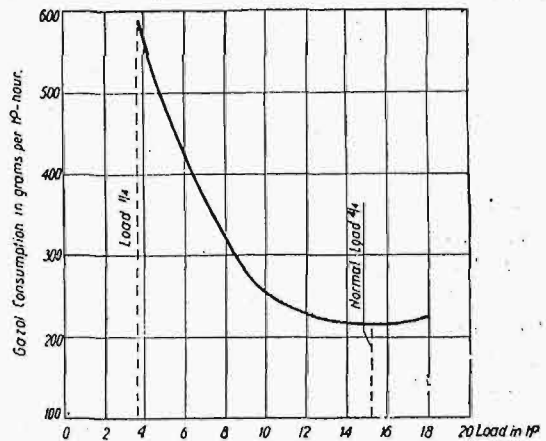
Gazol również można zastosować do napędu każdego silnika gazowego lub benzynowego. Przy silnikach gazowych i benzynowych, pędzonych gazolem, nie potrzeba uskutecznić żadnej przeróbki. Gazol doprowadza się tutaj pod ciśnieniem 20 — 50 mm słupa wody, bezpośrednio do przewodu gazowego silnika. Rysunek 3 przedstawia krzywą zużycia gazu w gramach na KMgodz. w zależności od obciążenia silnika przy jego mocy 15 KM. Widzimy z wykresu, że zużycie jest niskie, wynosi bowiem przy pełnym obciążeniu 220 g/KM godz. Dużą zaletą jest tu również łatwość obsługi i bezwonny wydmuch.

Gazol w gazownictwie.

Wielkie pole zastosowania przedstawia dla gazu gazownictwo miejskie, i to w wykonaniu indywidualnym w poszczególnych domach, a nawet mieszkaniach, lub w urządzeniach zbiorowych z sieciami przewodów ulicznych. Gazownie, produkujące gaz niskokaloryczny, mogą tu uniknąć inwestycji, związanych z budową nowych urządzeń do wytwarzania gazu, koniecznych w miarę rozwoju konsumpcji, dodając gazol do wytwarzanego w gazowni gazu (dwugaz, gaz wodny, gaz generatorowy), lub budując gazownie, produkujące gaz niskokaloryczny, karburezowany gazolem.

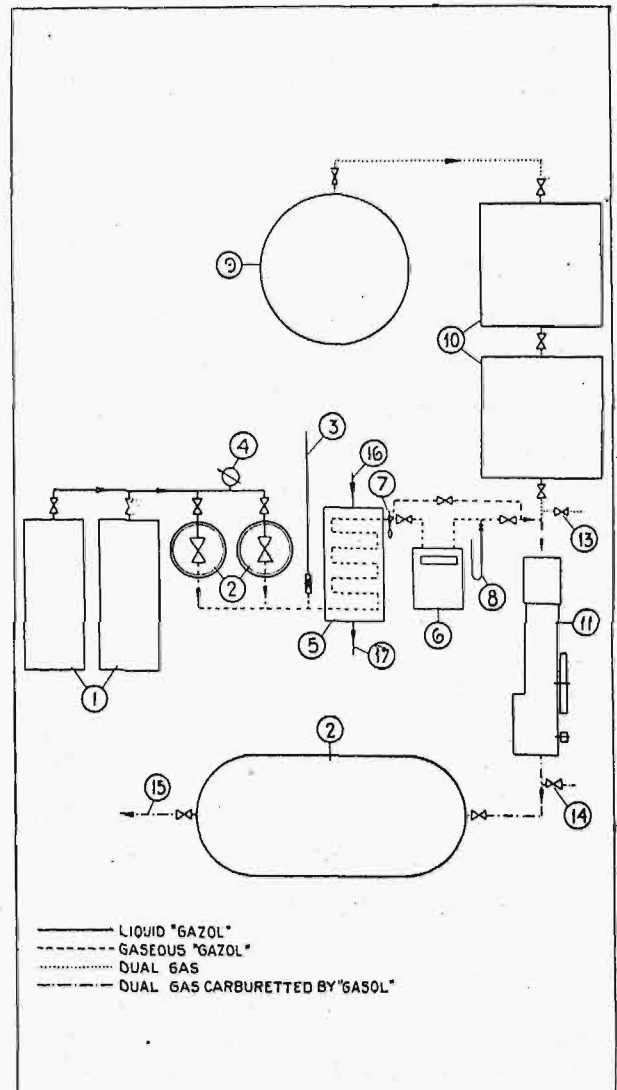
Np. wartość opałowa górna dwugazu, produkowanego w Gdyni (Polska), wynosi ok. 3 150 kal/m³,

przez dodanie do dwugazu 50% par gazu uzyskuje się wartość opałową górną ok. 4 200 kal/m³.



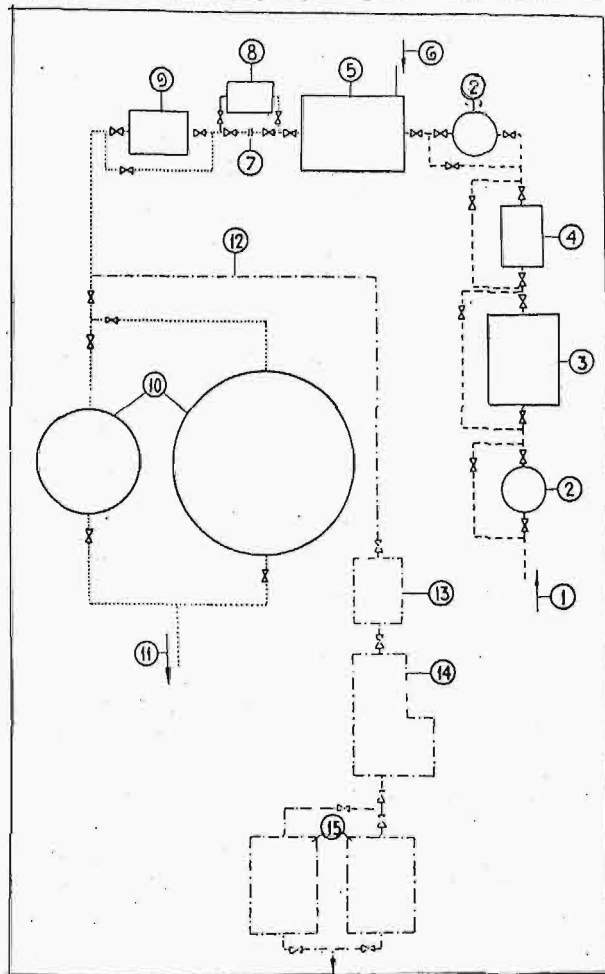
Rys. 3. Rozchód gazu w silniku spalinowym w g/KM godz.

Jako materiał karburezacyjny zmieszany wraz z innymi gazami, nie zmienia swego składu ilościowego w stosunku do pozostałej mieszaniny, i jako ciecz nisko - wrząca nie wykrapla się w rurociągach z mieszaniny innych gazów; gazol nie jest trujący, a dodany do dwugazu zmniejsza własności trujące mieszaniny.



Rys. 4. Karburezowanie dwugazu gazolem.

Karburyzacja dwugazu gazolem odbywa się w sposób następujący (rys. 4). W butlach (1) znajduje się gazol w stanie płynnym pod ciśnieniem ok.



Rys. 5. Schemat instalacji gazownianej wytwarzania gazu gazolowo-powietrznego.

6 atm (przy 15° C). Stąd przepływa gazol do reduktorów (2), gdzie następuje redukcja ciśnienia z 6 atm na 300 mm słupa wody, a następnie przez podgrzewacz gazolu (5) i miernik (6) do ssącego przewodu sprężarki, gdzie łączy się z dwugazem, idącym ze zbiornika wyrównawczego (9) przez oczyszczalniki (10). Sprężarka (11) spręża mieszaninę gazolu i dwugazu do 3 atm i tłoczy do dwu zbiorników, skąd gaz zostaje oddany do użytkowania.

Można również budować gazownie miejskie wyłącznie do produkcji gazu gazolowo - powietrznego, t. j. mieszaniny gazolu z powietrzem, przyczem wytwarzany gaz nie jest trujący, a wobec czystości gazu zbędne jest zastosowanie odczyszczalników, system fabrykacji pozwala na łatwe regulowanie wartości kalorycznej, koszty inwestycji i utrzymania, ze względu na zautomatyzowanie ruchu gazowni, są niskie, wreszcie i utrzymanie rurociągów, ze względu na brak zawartości składników, działających szkodliwie na materiał rur, jest tanie.

Produkcja gazu odbywa się przeważnie w aparaturze przedstawionej na rys. 5. Płynny gazol, zawarty pod ciśnieniem w butlach stalowych, przepływa przewodem rurowym przez reduktory do podgrzewacza. Z podgrzewacza przepływa gazol podgrzany do temperatury ok. 25° do rurociągu, do którego wentylator tłoczy powietrze. Ilości przepływającego gazolu i powietrza mierzone są dysza-

mi pomiarowemi. Poza tem mogą być zastosowane urządzenia regulujące automatycznie stosunek gazu do powietrza. Następnie przepływa gaz do zbiornika, skąd rozprowadzany jest do miejsc konsumcji.

Wytworzony w ten sposób gaz zawiera średnio ok. 20% gazolu, resztę stanowi powietrze. Ponieważ granice eksplozywności mieszaniny gazolowo-powietrznej mieszczą się między 2,6 a 6,4% zawartości gazolu w powietrzu, przeto zawartość gazolu w gazie jest znacznie powyżej górnej granicy wybuchowości, a tem samem wytwarzany gaz sam w sobie nie jest eksplozywny. Gazownia tego typu jest czynna w Kołomyi (Polska), nie wykazując żadnych trudności w ruchu.

Wobec wyżej wymienionych zalet gazolu jako materiału opałowego, a szczególnie niskich kosztów inwestycji, związanych z budową gazowni na gaz gazolowo - powietrzny, może odegrać gazol dużą rolę w zaopatrzeniu zakładów przemysłowych, miast i t. p. w gaz.

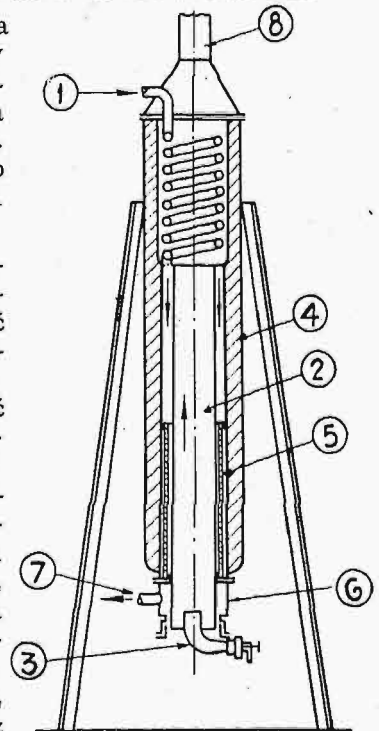
Gazol jako surowiec do otrzymywania wodoru.

Jako osobną grupę zastosowania gazolu, należy wymienić zastosowanie go do przeróbki chemicznej. Z prac przeprowadzonych w tym kierunku, dały już realne wyniki badania, prowadzone w kierunku przeróbki gazolu na wodór, które doprowadziły do skonstruowania aparatury, umożliwiającej produkcję gazu reakcyjnego o następującym składzie: 87,6% H₂, 6% CH₄, 6,1% CO i 0,3% CO₂.

Proces polega na zastosowaniu pary wodnej oraz katalizatorów. Temperatura reakcji wynosi ok. 600°. Aparaturę do rozkładu gazolu przedstawia rys. 6.

Zaletą tego procesu jest ciągłość ruchu oraz elastyczność produkcji, której wykorzystanie mogłoby radykalnie zmienić wygląd gazowni, korzystających z gazu ziemnego dla produkcji gazu niskokalorycznego. Po przejściu na surowiec gazowy, oprócz uproszczenia obsługi, transportu surowca i rozwiązania problemu koksowego, odpadłaby również potrzeba stosowania dużych zbiorników wyrównawczych. Ich rolę może objąć generator wodorowy o przepływie gazolu, dostosowanym automatycznie do obciążenia gazowni.

Wkońcu należy zaznaczyć, że gazol może znaleźć zastosowanie jako medjum oziębiające, zamiast dotychczas ogólnie stosowanego amoniaku, bezwodnika siarkowego i t. p., a ma tę wyższość nad ostatnimi, że będąc czynnikiem chemicznie zupełnie obojętnym, nie atakuje żadnych metali. Prace w tym kierunku są już daleko posunięte.



Rys. 6. Aparatura do rozkładu gazolu (do wytwarzania wodoru).

Rola torfu, jako źródła energii w Polsce^{*)}

Napisał Prof. St. Turczynowicz.

Zainteresowanie torfem w Polsce, jako źródłem energii, jest zmienne — największe było podczas wojny, kiedy transporty były zajęte do celów wojсковych i węgiel nie mógł być dostarczany. W czasie pokojowym zainteresowanie to jest naogół małe, a wzrasta tem więcej, im dalej dana okolica leży od zagłębia węglowego i od większych kompleksów leśnych.

Torfowiska są rozsiane po całej Polsce, największe jednak kompleksy ich spotykamy właśnie w województwach najdalej od Zagłębia węglowego położonych: gdy przeciętny odsetek obszaru pokrytego torfem w Polsce wynosi około 8% — w wojew. wschodnich wynosi: na Wołyniu i w woj. Wileńskim 10%, w Nowogródzkim i Białostockim 11%, a na Polesiu — 38%; przytem spotykają się i duże torfowiska: torfowisk o obszarze powyżej 1000 ha mamy koło 70. Dla codziennego życia mieszkańców większe może znaczenie mają torfowiska mniejsze, rozsiane gęsto po całym terenie Rzeczypospolitej. Ile w rzeczywistości torfu bywa rocznie spalane do użytku domowego, tego jeszcze żadna statystyka nie ujęła; zdaje się, że nie będzie przesadnym przypuszczenie, że przynajmniej 5% gospodarstw korzysta z opału torfowego, a to dałoby zużycie roczne około 1 250 000 tonn torfu suchego (z 3 300 000 gospod. używa torfu koło 165 000 × 7,5 t). Ilość ta jest raczej przesadnie mała, gdyż np. w województwie Łódzkim, znajdującem się niedaleko zagłębia węglowego, zamieszkałem przez ludność, obznajmioną z węglem, zużycie torfu wypada stosunkowo 3-krotnie większe od przyjętego powyżej. W b. wielu wypadkach bywa spalany torf nieodpowiedni, t. j. niedosuszony, a przede wszystkim zawierający dużą ilość popiołu. Przypuszczalnie możnaby zapobiec temu psuciu torfowisk, nadających się na znakomite łąki i pastwiska, gdyby przeprowadzić odpowiednią propagandę co do potrzeby zbadania torfu przed rozpoczęciem eksploatacji oraz co do stosowania węgla; zbadanie torfowisk i rozsegregowanie ich na nadające się: 1) wyłącznie do celów rolniczych; 2) zarówno dla celów rolniczych, jak i opałowych i 3) przede wszystkim do celów opałowo-przemysłowych, miałyby pierwszorzędne znaczenie gospodarcze dla kraju, gdyż, jak dotąd, blisko 12-a część Państwa, jaka znajduje się pod torfowiskami lub gruntami przytorfiałemi, leży prawie całkowicie odłogiem (gdy poszukujemy krajów zamorskich dla naszej nadwyżki ludności) lub rabunkowo, niecelowo jest psuta.

Zresztą przy tem wyodrębnieniu torfowisk do różnych celów należałoby uwzględnić postęp w umiejętności zużytkowania torfu, jaki został osiągnięty w ostatnich latach, zwłaszcza w Rosji, gdzie np. w fabrykach na Ukrainie (w cukrowniach) jest spalany torf o zawartości popiołu dochodzącej (w bezwodnym torfie) do 35% (cukrownia Korowiniecka), a nawet 50% (c. Andruszew-

ska) lub o zawartości wody, dochodzącej do 43 — 46% (c. Kalinińska).

Postęp w dziedzinie torfiarstwa idzie w kierunku usuwania tych ujemnych stron, które utrudniają stosowanie torfu; są to: 1) potrzeba długo-trwałego suszenia, a skutkiem tego krótki okres eksploatacyjny i powstające stąd trudności z masowem wydobywaniem, suszeniem i gromadzeniem torfu;

2) ujemny stosunek wydajności ciepła do objętości i skutkiem tego nieopłacalność transportowania na znaczniejsze odległości.

Kwestja masowego wydobywania torfu znajduje inne rozwiązanie w Niemczech, inne w Rosji: w Niemczech są ulepszone maszyny używane od dawna i postęp w tym kierunku jest znaczny; dawniej przy stosowaniu podnośnika i wagoników wydobywano w centrali elektrycznej w Wiesmoor rocznie 2 000 t i koszt wydobywania 1 t wypadł 13,5 mk, obecnie zaś przy pomocy czerpaczki (o szerokości czerpaków 4 m) i rozpościeracza cegiełek wydobywa się tam rocznie 17 000 t kosztem 0,40 mk za 1 t.

Masowe wydobywanie torfu w Rosji znalazło rozwiązanie w postaci nowych sposobów, mianowicie wydobywania torfu rozmywanego silnym prądem wody oraz frezowania torfu, zapomocą maszyn zwanych frezarkami; pierwszy z tych sposobów nadaje się przede wszystkim do torfowisk o dużej zawartości pni drzewnych, drugi — do wolnych od nich. U nas nadawałby się głównie sposób wydobywania przy pomocy czerparek oraz frezarek.

Kwestja szybkiego suszenia torfu należy do najtrudniejszych zagadnień w torfiarstwie: częściowo zagadnienie to jest rozwiązane dla torfu frezowanego, schnącego 18 — 20 razy prędzej od zwykłego maszynowego. Doniosłość tej sprawy poniekąd zmalala, dzięki ulepszeniom palenisk, podgrzewających i podsuszających zlizający się do paleniska torf, częściowo zaś odgrywa dziś mniejszą rolę przy niektórych przeróbkach torfu do celów przemysłowych. S z t u c z n e suszenie torfu naogół daje wyniki ujemne pod względem ekonomicznym, choć w Niemczech wyrabiane są maszyny „Mad-ruck“, mające służyć temu celowi; system ten uchodzi za opłacalny, co jest tembardziej możliwe, że w ostatnich czasach zaczęto go stosować nawet w miesiącach zimowych.

Masowe gromadzenie torfu jest połączone z masowym transportem; sprawia to jeszcze pewne trudności w elektrowniach, ale nie jest nie do przewyciężenia.

Przechodząc teraz do ujemnego stosunku wartości opałowej do objętości torfu, przypomnę tutaj, że sprawą usunięcia tej cechy ujemnej zajmowało się i zajmuje się bardzo wiele umysłów. Najlepsze bodaj rozwiązanie polega na spalaniu torfu na samem torfowisku, celem wytwarzania energii elektrycznej, którą wysyła się do miejsca zapotrzebowania z małemi zaledwie stratami. Przy obecnym stanie techniki, np. w Wiesmoor, na

^{*)} Referat, wygłoszony na Plenarnem Posiedzeniu P.K.En. dnia 20 maja b. r.

otrzymanie 1 kWh zużywa się zaledwie 1,44 kg torfu. Łatwo zrozumieć, że i nasze województwa, położone daleko od zagłębia węglowego, a obfitujące w rozległe torfowiska, powinny dążyć do wytwarzania energii elektrycznej drogą budowy na miejscu elektrowni, które staną się jednocześnie i ośrodkami kultury.

Pod względem rozwoju zastosowań torfu, charakterystyczny jest stosunek ilości torfu, spalane go w Rosji w elektrowniach, do zużycia we wszystkich innych dziedzinach (w 1000 tonn):

	1925	1930	wzrost w %
Elektrownie	683	2650	290%
Inne cele	2035	3913	92%

Drugi sposób zwalczania ujemnych skutków nieprzychylnego stosunku wartości opałowej do objętości torfu polega na uszlachetnianiu torfu na miejscu jego wydobycia i przewożeniu już uszlachetnionego produktu. Uszlachetnianie to może iść w paru kierunkach: wytwarzanie brykietów bezpośrednio z torfu lub pośrednio — z węgla torfowego, gazowanie torfu i t. p. Brykietowanie bezpośrednie torfu dotychczas nie dało, zdaje się, nigdzie wyników zupełnie zadowalających, t. j. wytwarzania w dużej ilości materiału opałowego wytrzymującego pod względem opłacalności dalszy transport.

Brykietowanie węgla torfowego, pod względem

technicznym rozwiązane całkowicie, pod względem ekonomicznym wymagałoby ścisłej kalkulacji dla każdego poszczególnego wypadku.

Gazowanie także w niektórych wypadkach u nas mogłoby być brane pod uwagę, — mam tu głównie na myśli południową część woj. Lubelskiego, Wołyn i północną część województwa Lwowskiego; torfowiska w tych okolicach położone odznaczają się wybitnie bogactwem azotu w torfie; gdy torfy niemieckie zawierają od 1 do 2,5% azotu, to nasze torfy południowo-wschodnie mają go powyżej 3%, a niektóre do 3,5%.

Zawartość zaś azotu w torfie ma wpływ na opłacalność gazowni, dzięki sprzedaży produktu ubocznego — siarczanu amonowego. Dla gazowni ważna jest możliwość stosowania torfu wilgotniejszego, gdyż podsuszanie torfu idzie bardzo szybko, gdy dopuszczanie do 25% wilgoci — już powoli.

To byłyby główne sposoby wyzyskania torfu, jako źródła energii w Polsce. Naturalnie, że w przeważającej części i nadal torf będzie odgrywał rolę tę tylko jako paliwo miejscowe dla wsi i miast w okręgu 20 — 40 km, wobec jednak rozsiańcia torfowisk po całej Polsce ilość spalane go torfu może w miarę ograniczenia spalania drewna wzrastać bardzo znacznie. Powstanie elektrowni na torfowiskach jest, zapewne, kwestją czasu; inne sposoby użytkowania torfu mogą znaleźć zastosowanie sporadycznie.

Pobieranie i przygotowywanie *) prób węgla kamiennego do analizy

I. Pobieranie prób węgla kamiennego.

Pobieranie powinno być wykonane w taki sposób, ażeby uzyskana próba rzeczywiście odtwarzała przeciętny skład całej badanej ilości.

Rozróżnia się pobieranie prób:

- a) na kopalni,
- b) z wagonów przed wyładowaniem,
- c) ze statków przy załadunku i wyładunku,
- d) ze składów,

e) z pokładów węgla (próby geologiczne).

a) Pobieranie prób na kopalni.

Próby sortymentów od 30 mm wzwyż (kęsy, kostki, orzech I) należy pobierać z wagonów po ich załadunku. Pobranie próby z wagonu odbywa się w sposób opisany niżej (p. I b).

Sortymenty drobne, poniżej 30 mm, pobiera się na taśmie sortowniczej, w czasie ładowania wagonu, w sposób następujący: w równych odstępach czasu należy brać po jednej łopacie węgla, przesuwając ją wpoprzek taśmy, zsypując następnie odebrany węgiel do przygotowanych skrzyń.

b) Pobieranie prób z wagonów przed wyładowaniem.

Zależnie od sortymentu stosuje się dwa sposoby:

Sposób I. Próby sortymentów grubych (kęsy, kostki i orzech I) należy brać, zsypując węgiel z wagonu przez otwarte drzwi (boczne lub czołowe) wprost do podstawionych skrzyń. Należy przytem zwrócić uwagę, aby cała ilość węgla, która

znajdowała się przy drzwiach od góry do dołu, została zsypana.

Sposób 2. Przy pobieraniu próby sortymentów drobnych (poniżej orzecha I) wyznacza się na powierzchni wagonu 3 — 5 miejsc, rozmieszczonych wzdłuż osi wagonu lub jednej z jego przekątnych, z których to miejsc po wykopaniu otworów głębokich na 0,5 m pobiera się łopatą jednakowe ilości węgla do skrzyń.

c) Pobieranie prób ze statków przy załadunku i wyładunku.

Przy załadunku i wyładunku ze statków zapomocą dźwignic, zaopatrzonych w chwytacze lub wysypujących węgiel całymi wagonami, należy brać węgiel do próby z wagonów przed ich opróżnieniem, względnie po ich napełnieniu, postępując zgodnie z przepisami umieszczonymi pod b).

Przy załadunku lub wyładunku statku zapomocą urządzeń działających bez przerwy (taśmy, czerpaki, przenośniki i t. d.) należy próby brać z urządzeń przenośnych w jednakowych odstępach czasu, jak w sortowni kopalnianej (p. a).

d) Pobieranie prób ze składów.

Węgiel na składzie należy podzielić na pewną ilość części, biegnących wzdłuż, wszerz i na wysokość całego składu, i z każdej części należy pobierać jednakową ilość węgla do wspólnej próby (po odgarnięciu warstw od 0,5 do 1 m grubości). Dalsze czynności, jak niżej pod III.

e) Pobieranie prób z pokładów (geologicznych).

W miejscu oznaczonym uprzednio na karcie ko-

*) Projekt opracowany przez Podkomisję norm badania paliwa PKEn przez wprowadzenie zmian rzeczowych i stylistycznych do projektu P. K. N.

palnianej rozkłada się wzdłuż chodnika, tuż pod miejscem pobrania, płachtę płócienną i przy pomocy kilofów wyrąbuje w ociosie chodnika lub w ścianie filaru, względnie w warstwie pokładu, która ma być zbadana, wcinke od stropu aż do spągu.

Wcinka powinna mieć 15 — 20 cm szerokości i 10 — 15 cm głębokości. Tam, gdzie nie można wyrąbać jednej wcinki od spągu do stropu, należy wyrąbać wcinki z poszczególnych warstw pokładu, któreby łącznie dały próbę z całej miąższości pokładu. Próbę zebraną na płachcie przesypuje się do worków i plombuje. Na powierzchni otwiera się worki i postępuje jak niżej pod III. Próby geologiczne powinny być pobierane w obecności urzędników technicznych danej kopalni.

II. Wielkość pobieranej próby.

Ilość węgla, pobranego jednym ze sposobów, wyszczególnionych w rozdziale I, winna być uzależniona (z wyjątkiem prób branych z pokładów) od:

- 1) ilości badanego węgla,
- 2) wielkości ziarna,
- 3) czystości węgla.

Waga pobranego do prób węgla powinna wynosić: Przy badaniu węgla w ilości do 50 tonn — 1% ciężaru całej partji.

Przy badaniu ilości węgla od 50 do 200 tonn — od 0,5% do 1% ciężaru całości.

Przy badaniu ilości węgla powyżej 200 tonn — od 0,2% do 0,5% ciężaru całości.

III. Przygotowanie próby.

a) 200-kilogramowej.

Pobrane do próby węgiel należy po kilkakrotnym przemieszaniu usypać w stożek. Otrzymany stożek dzieli się następnie na dwa równe stożki, eliminując dowolnie jeden z nich. Pozostały stożek dzieli się w ten sam sposób na dalsze dwa stożki i t. d. Czynności powyższe przeprowadza się tak długo, dopóki z pobranego węgla nie utworzy się próba wagi około 200 kg.

Dzielenie stożków na mniejsze powinno odbywać się w ten sposób, że robotnik nabiera z nasady stożka po obwodzie pełne łopaty węgla, przyczem z parzystych łopat tworzy się jeden stożek, a z nieparzystych drugi.

b) 50-kilogramowej.

Próbę 200-kilogramową wysypuje się na specjalne przygotowane w tym celu miejsce (kwadrat 2×2 m²), osłonięte daszkiem i wyłożone płytami żelaznymi grubości ponad 10 mm oraz otoczone z brzegów listewką o wysokości 10—15 cm, sortymenty grubsze rozbija się tłuczkami żelaznymi do wielkości orzecha włoskiego (35—40 mm). Następnie miesza się łopatami w ten sposób, że rozbity węgiel rozsuwa się na brzegi, a w środku płyty pozostawia wolny krąg. Dwóch robotników nabiera węgiel na łopaty z przeciwległych brzegów płyty i wysypuje jednocześnie na to samo miejsce, mając łopaty skierowane naprzemianlegle ku środkowi. Wysokość spadku winna wynosić ok. 50 cm. Czynność tę należy wykonać dwukrotnie.

Próbę rozsypuje się równo na powierzchni w kwadrat i dzieli drewnianą listwą wzdłuż przekątnej na 4 równe części. Z tych dwie przeciwległe wyrzuca się, a pozostałość rozbija w dalszym

ciąg do wielkości 10—15 mm, przyczem zwraca się uwagę na rozbijanie tylko większych kawałków, aby uniknąć powstawania pyłu węgl.

Próbę dzieli się przekątnymi po raz drugi. Po wyrzuceniu dalszych części, pozostałość, jeszcze raz wymieszana (ok: 50 kg), stanowi 4-tą część próby pierwotnej 200 kg-wej i jest już dostatecznie przygotowana do napełnienia nią puszek.

Puszki do prób powinny być sporządzone z blachy żelaznej cynkowanej o pojemności przynajmniej 6 kg z pokrywą do zalutowania. Powinno się pobierać równocześnie trzy próby w ten sposób, że do obok siebie rzędem stojących puszek wysypuje się węgiel, prowadząc napełnioną łopatę ponad puszkami tak, aby do każdej puszki dostawała się możliwie jednakowa ilość węgla. Czynność tę powtarza się aż do napełnienia puszek.

Pokrywa puszki powinna być do niej w dwóch przeciwległych sobie miejscach zaplombowana i szczelnie zalutowana. Puszki i ich pokrywy powinny być oznaczone odpowiednimi numerami.

Dla orzecha II-go i III-go i groszków wystarczy jednorazowe lub dwukrotne tłuczenie i dzielenie przekątnymi, zaś w zastosoowaniu do grysiku i miálu pozostają do wykonania tylko czynności dwukrotnego podziału przekątnymi i odp. wymieszania.

IV. Uwagi ogólne.

Kawałki drzewa, żwir i t. p. ciała, które stanowią mechaniczne, względnie przypadkowe zanieczyszczenia węgla, powinny być z próby usunięte. W żadnym przypadku nie wolno usuwać z próby łupków i części mineralnych, stanowiących składniki naturalne.

Do pobranej próby należy dołączyć świadectwo, w którym podaje się datę i miejsce pobrania próby, nazwę kopalni lub miejsce przechowania, sortyment węgla, podpisy pobierających próby i przynajmniej jednego świadka.

V. Oznaczanie wilgoci przypadkowej i przygotowywanie prób węgla do analizy.

Próbę nadesłaną do pracowni analitycznej natchmiast po otworzeniu puszki wysypuje się na tacę, dobrze się miesza, płaską łopatką rozprządza się na równomierną warstwę i z różnych miejsc warstwy pobiera się średnią próbę ciężaru 1 kg.

Ilość tę suszy się w warstwie nie przewyższającej 2 cm (np. na tacy z blachy cynkowanej 45×30 cm²) w ciągu conajmniej 48 godz., w pomieszczeniu do tego celu przeznaczonym, w zwykłej temperaturze; podczas wysychania należy przemieszać węgiel kilka razy w równych mniej więcej odstępach czasu.

Strata na ciężarze próby wskazuje ilość wilgoci przypadkowej.

Uwaga: Należy baczyć, aby wilgotność i temperatura pomieszczenia przeznaczonego do oznaczania wilgotności nie różniły się zbyt od wilgotności i temper. pokoju wagowego.

Wysuszoną próbę należy całkowicie rozdrobić (w moździerzu, młynku) najpierw na grysik o wielkości ziarna 2—5 mm, a następnie, po dostatecznym przemieszaniu w młynie, 200 g tej próby rozetrzeć tak, aby cała ilość przeszła przez sito, posiadające 1000 otworów na 1 cm².

Zmieloną i wymieszaną próbą napełnia się $\frac{1}{2}$ l słoje z dobrze doszlifowanymi korkami. W tym stanie próba idzie do analizy.

Przed odważeniem próbki do poszczególnych analiz należy zawartość słoika starannie zmieszać.