

dłuższych okresów czasu, ale wartości przytem w wysokim stopniu niedokładne i mogące służyć jedynie jako wielkości porównawcze i orjentacyjne.

Zwykle to jednak wystarcza dla praktyki i mimo, że za-

gadnienie to dla czystej teorii pozostawia jeszcze wiele do życzenia, można wyciągnąć zeń cały szereg ważnych i ciekawych wniosków, o których będzie mowa w rozdziale następnym.

(C. d. n.).

Inż. Tadeusz Urbański, Łaziska Górne.

Stacje doświadczalne do badań materiałów wybuchowych górniczych.

(Dokończenie).

Chodnik do badań materiałów wybuchowych ma długość 25 m, przekrój eliptyczny wysokości 1,83 m i szerokości 1,32 m. Zrobiony jest z drzewa wzmocnionego żelazem. Obserwacja dokonywa się przez 14 okienek umieszczonych wzdłuż chodnika. Moździerz ma wydrążenie głębokości 600 m/m, średnicy 55 m/m. Pochylony jest również tak, aby oś przecinała strop w odległości 10 m od przodka. Komora eksplozyjna ma pojemność 10 m³. Przewietrzania dokonywa wentylator ssący. Pył węglowy powinien być tak drobny, by przeszedł przez sito o 9150 oczkach na cm².

Obok tego chodnika jest mniejszy długości 4 m, wysokości 1,8 m, szerokości 1,4 m. Służy on do badania bezpieczeństwa maszyn elektrycznych, lontów i t. p.

Pozatem jest jeszcze specjalny chodnik żelazny, długości 300 m o przekroju okrągłym, średnicy 1,8 m. Używany jest do badania przebiegu eksplozji metanu lub pyłu węglowego, jak również do badania środków, mających zapobiec eksplozji lub ją stłumić, a więc zapór z pyłem kamiennym, przybitek z tym samym pyłem, zapór wodnych, zraszania ścian wodą i t. p. Przebieg eksplozji i działanie środków ochronnych obserwuje się przez okienka, umieszczone wzdłuż chodnika. Strzały oddaje się z moździerza głębokości 500 m/m, średnicy 55 m/m.

Prócz tych stacji doświadczalnych istnieją jeszcze w Niemczech oficjalne stacje w Aachen, Zwickau i Bytomiu, nadto szereg prywatnych fabryk materiałów wybuchowych posiada swoje własne stacje, że wspomnę o stacji doświadczalnej, należącej do Spółki Akcyjnej wyrobu dynamitu pod firmą „Alfred Nobel i Co“ (dawniej „Fabryka Karbonitu“) w Schlebusch.

Najstarszą obok stacji doświadczalnej w Neukirchen jest angielska stacja w Woolwich, wybudowana w 1896 r.

Małe wymiary chodnika (średnica 0,75 m, długość 9 m) nie pozwalały na ściślejsze i bardziej poważne badania. Okazało się (na podstawie późniejszych doświadczeń), że ze wzrostem średnicy chodnika wzrasta bezpieczeństwo użycia materiału wybuchowego. Tak więc ładunek 50-ciogramowy bezpieczny przy powierzchni przekroju 0,456 m² podnosi się do 350 gramów przy powierzchni 1,65 m² i do 500 gramów przy 1,91 m².

Jako cechę charakterystyczną badań angielskich trzeba podać strzelanie z przybitką, co oczywiście zmniejszało możliwość eksplozji w porównaniu z metodą niemiecką bez przybitki. Ostatecznie jednak, opierając się na założeniu, że większość eksplozji w kopalniach jest spowodowana „wydmuchami“, t. j. strzałami przy których przybitka została wysadzona i płomień wydostał się z otworu strzelniczego nazewnątrż, angielskie ministerstwo spraw wewnętrznych wprowadziło od 1912 r. kontynentalną metodę strzelania bez przybitki.

Jednocześnie wybudowano według wzorów europejskich stację doświadczalną (Home office Testing Station, w Rotherham. Chodnik doświadczalny w Rotherham zrobiony jest z płyt żelaznych. Długość chodnika 15 m, średnica 1,5 m. Cała przestrzeń podzielona jest na 8 części z których 3 pierwsze długości 5,4 m stanowią komorę eksplozyjną, zaopatrzoną w 3 okienka obserwacyjne. Moździerz może być przesuwany po szynach i ustawiany na różnych odległościach od przodka. Głębokość wydrążenia wynosi 1200 m/m, średnica 55 m/m. Załadowuje się nabojami o średnicy 35 m/m (tak samo jak w Niemczech i u nas). Zamiast metanu używany jest gaz świetlny. Stosuje się w ilości 13,4%. Jestto mieszanina równoważna co do niebezpieczeństwa mieszaninie powietrza z metanem użytym w ilości 8–9%.

Angielskie przepisy wymagają od materiału wybucho-

wego powietrznego, aby nie nastąpiła eksplozja metanu lub pyłu węglowego przy żadnym z 5-ciu strzałów.

Badanie siły strzeliwa odbywa się w t. zw. wahadle balistycznym; w przyrządzie tym oznacza się kąt na jaki odrzucone jest wahadło, w którym nastąpił wybuch 10-ciu gramów strzeliwa.

Poza tym chodnikiem, wybudowano w Althofts w 1908 r. żelazny chodnik doświadczalny długi 213,5 m, o przekroju okrągłym, średnicy 2,3 m specjalnie do badań nad przebiegiem eksplozji pyłu węglowego lub metanu. Na chodniku tym (jak również i na chodniku francuskim w Lièvin) wzorowany jest opisany już duży chodnik w Derne.

Nadzór nad badaniem, dopuszczeniem i używaniem strzeliw w Anglii ma specjalny inspektor materiałów wybuchowych (na kontynencie — władze górnicze).

Belgijska stacja doświadczalna we Frameries (obok Mons) jest wzorowana na niemieckich. Zbudowana jest z drzewa, ma długość 85 m, przekrój eliptyczny wysoki 1,85 m, szeroki 1,40 m/m. Moździerz ma wydrążenie głębokie na 460 m/m, średnicy 55 m/m. Metan pobiera stacja z pobliskiej kopalni.

Przy badaniu strzeliw na dopuszczenie ich do użycia w górnictwie, ostrzeliwuje się je wobec mieszaniny 7,5–8% metanu z powietrzem i wobec pyłu węglowego, pozatem oznacza się siłę strzeliwa w bloku Trauzl'a.

Według Watteyne'a i Stassart'a, którzy wykonali cały szereg bardzo poważnych doświadczeń w chodniku we Frameries, jest konieczne przy badaniu bezpieczeństwa

strzeliwa uwzględnianie gęstości ładunku $= \frac{m}{v}$, gdzie m masa

materiału wybuchowego, v — objętość zajmowana przez nią. Okazuje się, że bezpieczeństwo zmniejsza się, gdy v wzrasta przy tym samym m .

Doświadczenia tych samych autorów wykazały, że zapalność pyłu węglowego spada znacznie wraz ze zmniejszeniem się procentowej zawartości pyłu w powietrzu. Tak więc w wypadku t. zw. „prochu Favier Nr. 1“ ładunek 200 gramowy zapala pył węglowy zawieszony w powietrzu w ilości 38%. Przy zawartości pyłu 15% trzeba użyć już 300 gramów, aby wywołać zapalenie, przy 10% — aż 600 gramów.

Francja posiadała przed wojną doskonale urządzoną stację doświadczalną w Lièvin. Postawiona ona była przez dyrektora jej Tafanella i współpracownika jego Dautriche'a na wyjątkowo wysokim poziomie techniczno-naukowym. W czasie wojny ważna ta placówka była zburzona i obecnie we Francji wybudowano nową stację doświadczalną w Montluçon. Nowa ta stacja ma naogół inny cel: prowadzone są tu przeważnie badania nad mechanizmem wybuchu i zjawisk z wybuchem strzeliw związanych, w mniejszym natomiast stopniu badanie zachowania się metanu i pyłu węglowego wobec materiałów wybuchowych, jak również bezpieczeństwa strzeliw.

Ze względu na wyjątkowe znaczenie, jakie miała stacja doświadczalna w Lièvin na rozwój naszych wiadomości o materiałach wybuchowych i ich użyciu w górnictwie, podam krótki opis tej stacji. Stacja doświadczalna wybudowana w 1908 r. składała się z dwóch chodników: głównego i pomocniczego.

Pierwszy z nich o przekroju prostokątnym, długości 500 m podzielony był na dwie części: betonową o długości 30 m i pozostałą — drewnianą, przysypaną ziemią. Betonowa część zaopatrzona była w 10 okienek obserwacyjnych, wychodzących w stronę budynku głównego, gdzie mieścili się obserwatorzy.

W tej samej części była komora strzelnicza zaklejona papierem; dwa moździerze miały różne wydrążenia: długości 600 m/m i średnicy 55 m/m, długości 1200 m/m i średnicy 40 m/m. Pył węglowy używany był w ilości 450 gramów na 1 m³ powietrza, co stanowiło 1250 kg na 1 m bieżący chodnika. Pył węglowy powinien być tak zmielony, aby na sicie Nr. 200 nie pozostawało więcej nad 35%. Oczyszczanie chodnika od pyłu po strzale odbywało się zapomocą sprężonego powietrza. W ten sam sposób przeprowadzano wentylację. Wzdłuż chodnika ustawione były przyrządy rejestrujące i mierzące prędkość postępowania płomienia (w części zaopatrzonych w okienka dokonywano tego drogą kinematograficzną). Do mierzenia ciśnień używano cylindrków miedzianych (erusher'ów) stłaczanych przez wytwarzające się ciśnienie. Do mierzenia słabych ciśnień używano płytek ołowianych, w które wgniatały się kulki; — z głębokości wgniecenia można było sądzić o maksymalnym ciśnieniu.

Do badania prędkości rozchodzenia się ciśnienia używano aparatu, opartego na zasadzie indykatora.

Chodnik główny służył do badań nad zwalczaniem niebezpieczeństwa pyłu węglowego i metanu oraz do studjowania przebiegu i przyczyn eksplozji. Do zwykłych badań nad dopuszczeniem materiałów wybuchowych do użycia w górnictwie stosowano chodnik pomocniczy żelazny o długości 15 m, średnicy 2 m.

Przeszło tysiąc doświadczeń dokonanych przez Taffanęla w Lièvin doprowadziło do ustalenia następującego empirycznego wzoru:

$$100 \cdot \frac{0,06 c^2 - g}{0,06 - g} + \frac{0,6}{v^2} + \frac{4}{f - 0,2 (q - 0,45)} + \frac{a h}{f} = S,$$

gdzie:

c — oznacza ilość popiołu otrzymywanego przy spalaniu danego pyłu,

g — zawartość w powietrzu gazu wybuchającego,

v — zawartość części lotnych w węglu suchym,

q — masa w kilogramach pyłu węglowego, przechodzącego przez sito o oczkach 1 m/m, obliczona na 1 m³ chodnika,

h — masa w kilogramach wody obliczona na 1 m³ chodnika,

f — masa w kilogramach pyłu przechodzącego przez sito Nr. 200 obliczona na 1 m³ chodnika,

a — współczynnik zależny od sposobu w jaki woda i pył jest zmieszany; $a = 30$ jeżeli wilgoć pochodzi od zraszania; $a = 100$ jeżeli wilgoć jest naturalna.

S — stopień bezpieczeństwa, który u nas powinien być większy niż 47; $S > 47$.

Mając dane analizy pyłu węglowego w chodniku, wyniki przesiewania go, określamy, jakie powinno być c , aby bezpieczeństwo było większe niż 47. O ile pył węglowy zawiera popiołu mniej niż wypadła z równania wielkość c , wówczas pracy strzelniczej w chodniku nie można uważać za bezpieczną. W tym wypadku trzeba dorzucić pyłu niepalnego (kamiennego), aby uniemożliwić eksplozję. Robi się to przez stosowanie wspomnianych już przybitek z pyłu kamiennego, bardzo drobno zmielonego. Pył kamienny miesza się po strzale z pyłem węglowym i obniża zapalność ostatniego. Inny sposób polega na tem, że stawia się zapory z pyłem kamiennym pod postacią desek leżących luźno wpoprzek chodnika na podporach tak, żeby przy strzale wywróciły się. Na deskach nasypywany jest pył kamienny. Takie same zapory mogą być z wodą. Niezależnie od tego obowiązuje zraszanie ścian i stropu chodnika na przestrzeni kilkunastu metrów od przodka. Tą drogą powiększa się wielkość h w równaniu Taffanęla, a stąd i bezpieczeństwo S .

Wzór Taffanęla daje tylko w przybliżeniu ocenę stopnia bezpieczeństwa. Ponadto słuszny jest tylko dla niektórych gatunków węgla i to przeważnie z kopalń francuskich. Sama dyskusja matematyczna wskazuje na pewne braki. Naprzykład, przy zmniejszającym się f , S będzie wzrastało; gdy $f = 0$, $S = \infty$. Inaczej mówiąc, pył, który całkowicie pozostaje na sicie Nr. 200 zupełnie nie jest niebezpieczny, co stoi w sprzeczności z faktami.

Badania Taffanęla były uzupełnione w Ameryce w ko-

palni doświadczalnej w Bruceton pod Pittsburgiem, pracującej łącznie ze stacją doświadczalną w Pittsburgu¹⁾.

Kopalnia doświadczalna znajduje się w łozu węglowym, przez co umożliwia naturalne tworzenie się pyłu węglowego. Przez umieszczenie chodników w pokładach możliwie suchych otrzymano możliwość dowolnego zmniejszania lub zwiększania zawartości wilgoci w powietrzu i na ścianach (przez zraszanie). Kopalnia jest zupełnie wolna od metanu, dzięki czemu można wykonywać próby z różnymi ilościami gazu ziemnego, doprowadzanego specjalnym rurociągiem. Ponieważ przy eksplozjach łatwo nastąpić mogłoby zniszczenie szybu, a więc i przerwa w komunikacji, główne chodniki wybudowano w formie sztolni. Znaleźnienie kopalni, która odpowiadała wszystkim tym warunkom nie było rzeczą łatwą, wreszcie odzyskano odpowiednie miejsce w pobliżu Bruceton. Urządzenie kopalni składa się z dwóch części: podziemnego i nadziemnego.

Urządzenie podziemne stanowią dwie równoległe do siebie, odległe o 12,5 m sztolnie (I i II), przecięte III-cią. Pierwsza sztolnia ma długość 215 m, trzecia 60 m (fig. 9).

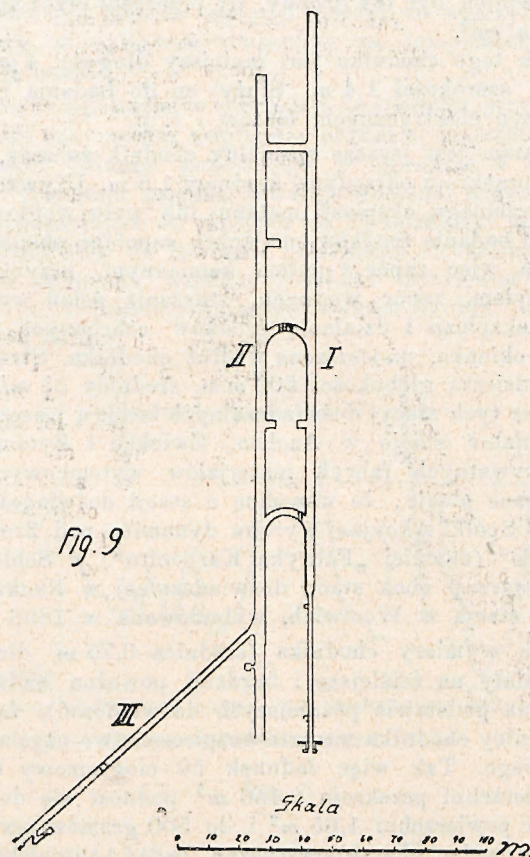


Fig. 9.

Sztolnie są opierzone betonem.

Urządzenie nadziemne składa się z chodnika doświadczalnego, który jest przedłużeniem bocznej sztolni (trzeciej) i zaczyna się w odległości około 6 m od jej wylotu. Chodnik jest rurą stalową długości około 40 m, średnicy wewnętrznej 1,93 m. Przestrzeń między chodnikiem a sztolnią zajmuje przejście żelbetonowe o przekroju U , szerokie na 1,93 m, pokryte zwierzcem płytami żelaznymi. Pokrywa ta obciążona jest w czasie doświadczenia workami z piaskiem. Część ta odgrywa rolę zaworu bezpieczeństwa. W razie mniejszych doświadczeń oddziela się 6 m stalowego chodnika i część betonową od reszty. W ten sposób tworzy się chodnik długości 30,5 m i posiada te same wymiary co i urządzenie w Pittsburgu.

¹⁾ Urządzenie kopalni doświadczalnej nie jest nowe; przed wojną w Austrii jeden z chodników kopalni Segen Gottes był użyty do celów doświadczalnych. U nas również w ostatnich dniach przeznaczono jeden chodnik kopalni Barbara (Górny Śląsk) dla doświadczeń. Nowem jest jednak urządzenie w Bruceton, urządzenie, które przewyższa wszystkie istniejące.

Moździerz ma wydrążenie $55 \text{ m/m} \times 460 \text{ m/m}$, jest umocowany na jeżdżącej lawecie, która może przejechać i do kopalni. Wentylacja odbywa się zapomocą wdmuchiwanego sprężonego powietrza.

W samych sztolniach mieści się: szereg dowiecipnych aparatów, rejestrujących ciśnienie wewnątrz sztolni w funkcji czasu (t. j. prędkość rozchodzenia się fali ciśnienia); przyrządów notujących maksymalne ciśnienie, jakie wytworzyło się w danym miejscu (crusher'ów); przyrządów notujących prędkość rozchodzenia się płomienia eksplozji, nadto urządzenia do automatycznego brania próby gazu i t. p.

Szereg doświadczeń wykonanych w Bruceton był skierowany do wyjaśnienia zagadnień nad sposobami zwalczania niebezpieczeństwa eksplozji pyłu węglowego. Badania te między innymi dowiodły, że o ile długość początkowej sfery eksplozującej jest duża — nawet większe wolne od pyłu przestrzenie nie mogą paraliżować eksplozji, która w takich wypadkach może ogarnąć całą kopalnię. Przy eksplozji następuje oddestylowanie węgla (obecność CH_4 i C_2H_4) i niezupełne spalanie się produktów destylacji (duże ilości CO , które zwykle pociągają za sobą więcej ofiar niż sama eksplozja).

Istniejąca poza stacją w Bruceton stacja doświadczalna w Pittsburgu prowadzi oficjalne badania nad dopuszczeniem materiałów wybuchowych do użycia w górnictwie. Chodnik doświadczalny żelazny o przekroju okrągłym średnicy $1,93 \text{ m}$ ma długość $30,5 \text{ m}$.

Badania amerykańskie różnią się znacznie od europejskich. Przedewszystkiem określany jest równoważnik w wahadle balistycznym, t. j. oznacza się ilość materiału wybuchowego, jaka wywoła efekt równy efektowi, spowodowanemu w wahadle przez 227 gramów „dynamitu normalnego“, przyjętego przez Stany Zjednoczone za wzorzec¹⁾.

Ilość materiału wybuchowego określoną w ten sposób ostrzeliwuje się w obecności:

1. 8% mieszaniny metanu i etanu z powietrzem,
2. 9 kg pyłu węglowego ułożonego na półce drewnianej na wprost moździerza i 9 kg ułożonego na deskach wzdłuż chodnika.

¹⁾ Jego skład chemiczny: 40% nitrogliceryny, 44% saletry sodowej, 15% mączki drzewnej, 1% węglanu wapnia. $227 \text{ gr} = 8 \text{ uncyj}$.

W obu próbach wykonywa się po 10 strzałów, stosując przybitkę z 450 gr gliny. Jeżeli żaden strzał nie da eksplozji, prowadzi się dalej badania wobec 8 kg pyłu węglowego, nasypanego do chodnika i 1 kg zawieszonego w powietrzu oraz 5% mieszaniny metanu z etanem. Strzela się 5 razy bez przybitki, dochodząc, tak samo jak w metodach europejskich, do największego ładunku. Największy ładunek, do jakiego można dojść, wynosi 680 gr .

Prócz tych prób, stacja doświadczalna w Pittsburgu określa cały szereg innych danych charakteryzujących strzeliwo. Tak więc prędkość fali wybuchowej, oznaczenie siły rozsuwającej w bloku Tranzla, siły druzgocącej przez stłaczanie bloków ołowianych i badanie w wahadle balistycznym, oznaczanie ciśnienia gazów tworzących się przy wybuchu (w przyrządzie Bichela), wrażliwość na uderzenie, długość i czas trwania płomienia wybuchu (drogą kinematograficzną), kalorymetryczne oznaczanie ciepła spalania, obliczenie temperatury płomienia wybuchu. W ten sposób materiał wybuchowy jest przed dopuszczeniem go do użycia w górnictwie wszechstronnie zbadany¹⁾.

Mimo tak obszernych i dokładnych badań, jakie przeprowadzane są we wszystkich krajach wydobywających węgiel, świat górniczy od czasu do czasu bywa wstrząśnięty katastrofami eksplozji metanu i pyłu węglowego.

Przyczyn tego szukać należy przedewszystkiem w niedoskonałości naszej wiedzy, której zdobycze narazie tylko przybliżoną mogą dać gwarancję bezpieczeństwa pracy w kopalni. Do tego dołącza się niedostatecznie częstokroć zorganizowana gospodarka górnicza (co szczególnie wywołane jest rujnującym wpływem wojny), czasami słaba dyscyplina lub brak wyszkolenia personelu pracującego. Z tem wszystkiem walczą władze górnicze przez wprowadzenie przepisów górniczo-policyjnych, stałą kontrolę prac strzelniczych i specjalne wyszkolenie strzelniczych.

Korzystam ze sposobności, aby wyrazić swe podziękowanie p. dyrektorowi Audibert'owi (z Montluçon), p. radcy górniczemu inż. St. Majewskiemu, p. inż. B. Malinowskiemu za cenne wskazówki i informacje.

¹⁾ Z innych krajów stacje doświadczalne posiadają: Rosja w Makajewce i w Akademii górniczej w Petersburgu oraz Czecho-Słowacja (w Morawskiej Ostrawie)

Wiadomości z literatury technicznej.

Mosty.

— **Mosty włoskie żelbetowe** (Ponti italiani in cemento armato) nap. inż. L. Santarella i E. Miozzi ($22 \times 15 \text{ cm}$) str. 615 i 90 tablic w atlasie. Ulrico Hoepli. Milano 1924.

Autorowie opisują 57 mostów żelbetowych wykonanych w ostatnich czasach. Dla każdego mostu załączają po jednej do dwu tablic z planami ogólnymi i szczegółami i opis mostu, sposób obliczenia, wykonanie jego i kolaudację wraz z kosztami. Naprzód opisują kładki i mosty belkowe, a potem mosty łukowe o rozpiętościach od 50 do 100 m . Oprócz tego przy każdym opisie mostu dołączono parę fotografii mostu w czasie wykonania i po wykonaniu. Pomiędzy temi mostami są tylko dwa kolejowe, jeden w Medjolanie dla $l=15 \text{ m}$, a drugi w Loreo na kanale Padu o $l=40 \text{ m}$. Inne są drogowe, parę wodociągowych, z tych jeden o $l=100 \text{ m}$ i jeden kanałowy. Z łukowych wspomnę o moście na Savio w Montecastello $l=62 \text{ m}$, na Piave w Bellunie $l=71,6 \text{ m}$, na Brenzie w Bassano $l=61 \text{ m}$, akwadukt w Muro Lucano $l=100 \text{ m}$, na Soczy w Plawie $l=87 \text{ m}$.

Przy obliczeniu mostu na kanale Boicelli przyjęto 3 wałki 20 -tonnowe. Zdaje mi się, że to zupełnie niepotrzebne, w praktyce nie zdarzy się, by razem 3 wałki jechały przez most. Most na Cecinie w Volterra o $l=25,47 \text{ m}$ wykonano z belkami parabolicznymi kratowymi. Przy moście łukowym na Savio w Montecastello komory pachwinowe przykryto belką ciągłą 4 -przęsłową, podpartą stale na filarku środkowym a ruchomo

na 4 innych. Przy moście w Pinzano na Tagliamento $l=49 \text{ m}$ przyjęto odstęp słupów pachwinowych 10 m , co wydaje mi się stanowczo za wiele. Most łukowy na Medinie w Sequals $l=56,2 \text{ m}$ ma pomost w środku przęsła zawieszony. Ciekawa jest kładka na Cismon w Belloti. Łuk o rozpiętości $15,5 \text{ m}$ pojedynczy, szeroki 60 cm niesie pomost o szerokości użytkowej $2,2 \text{ m}$. Przy akwadukcie na Ofanto łuki o $l=25 \text{ m}$ niosą po części zawieszone dwie rury wodociągowe w zamkniętej skrzynce. Zaś w akwadukcie w Muro Lucano rura wodociągowa zawieszona jest żelaznymi słupami wiszącymi na betonowym łuku o rozpiętości 100 m . Ciekawe bardzo są rusztowania i sposoby ich wykonania dla mostu Zwycięstwa w Cremenio $l=51,5 \text{ m}$ nad bardzo głębokim jarem. Dwie połowy kładki tymczasowej przez odpowiedni obrót zetknęły się w środku rozpiętości. Na tej kładce dopiero oparło się rusztowanie.

Przejrzenie i przestudjowanie tej cennej książki i dołączonych planów polecić mogę wszystkim inżynierom mostowym zwłaszcza żelbetnikom.

— **Dopuszczalne obciążenie wałków łożysk mostowych** omawia prof. M. Dumas (*Gen. Civ.* 1924, str. 323). Zwraca on uwagę na to, że największe ciśnienie na wałki nie powinno być tak wielkie, by wywoływało odkształcenia trwałe, bo przez to wzrasta niepomniernie tarcie. Licząc wedle Hertza otrzymamy największe ciśnienie najw. $\sigma = 10,0 \cdot 87 \left(\frac{P}{l \cdot d} \right)^{1/2}$ w kg i cm . Twardość Brinella da się wyrazić $H = \frac{P}{s}$ a doświadczenie okazuje, że najw. naprężenie dopuszczalne jest prawie równe po-