

TREŚĆ: Inż. T. Zubrzycki: Przebieg i charakter wezbrań Dniestru. — Inż. T. Niemczynowski: Teoretyczne podstawy chłodzenia cylindrów maszyn. — Inż. T. Urbański: Stacje doświadczalne do badań materiałów wybuchowych górniczych. — M. T. Huber: W sprawie państwowych norm dla naprężeń dopuszczalnych. — Dr. Pomianowski: Roczne sumy opadu i odpływu w Karpatach środkowych. — Wiadomości z literatury technicznej. — Bibliografia.

Inż. Tadeusz Zubrzycki.

Przebieg i charakter wezbrań Dniestru.

Uwagi wstępne.

Dniestr tylko w górnym swym biegu (z lewej strony po ujście Zbrucza względnie Morachwy, z prawej zaś po ujście Bystrzycy) posiada rozgałęzioną silnie sieć wodną, w dalszej przestrzeni dorzecze jego, wciśnięte pomiędzy dorzecza innych rzek czarnomorskich, zwęża się coraz bardziej w miarę zbliżania się ku morzu, zaś w przestrzeni końcowej przedstawia wąski, miejscami ledwie kilkukilometrowy pas terenu. Wskutek tego z całkowitej powierzchni dorzecza, mierzącej w przybliżeniu $73,355 \text{ km}^2$ ¹⁾ 46% przypada na górną, ponad 500 km długą²⁾ przestrzeń po ujście Zbrucza — zaś tylko 54% na przestrzeń pozostałą, przeszło 800-kilometrową. Ponieważ przytem południowa partja górnego dorzecza należy do obfitej w opady dziedziny górskiej, więc wpływ tej części zlewni na przybór wód w całej przestrzeni Dniestru musi być szczególnie wielki.

W górze rzeki obserwuje się zarówno wezbrania będące skutkiem topnienia śniegów, jak i wezbrania, pochodzące z opadów płynnych — przy wybitnej przewadze tych drugich. Z maximów rocznych, notowanych n. p. w okresie 1891—1910 w kilku ważniejszych stacjach górnego Dniestru, tylko mniej więcej 1/4 część przypada na wezbrania roztopowe, zaś co do maximów absolutnych, to notowano je na wszystkich stacjach górnego biegu w miesiącach letnich.

W średnim biegu wezbrania roztopowe, wiosenne, równoważą znaczenie powodzi letnich, deszczowych, zaś w dalszej przestrzeni uzyskują nad nimi decydującą przewagę. Już w Mohylowie maxima roczne wypadają częściej na wiosnę niż w lecie, zaś maxima absolutne obserwowane są na całej przestrzeni od Kamionki w dół (475 km) podczas powodzi wiosennych.

Miesiącem najczęstszych maximów rocznych jest w górnym biegu czerwiec³⁾ (potem następują: marzec wzgl. lipiec, a po nich sierpień), w średnim marzec (po nim czerwiec), w dolnym marzec (następnie kwiecień). Głównym okresem pojawiania się maximów wiosennych jest druga połowa marca; maxima letnie notowane są w górze rzeki najczęściej pomiędzy 16. a 29. czerwca, następnie w ostatnich dniach lipca, wreszcie — z końcem sierpnia. Większe wezbrania w innych porach roku przedstawiają tylko odosobnione wypadki.

Puzyrewskij⁴⁾ podaje, że powodzie wiosenne ukazują się

¹⁾ v. Cimbalenko: „Ukazatel wnutriennich wodnych putiej, izsledowanych Ministerstwom Putiej Soobszczenja w 1874—1913“, (St. Petersburg 1924).

²⁾ Długość poszczególnych odcinków wynosi:
od źródeł do St. Sambora (wedł. karty austr. szt. gen. 1:75,000) około 53 km
„ St. Sambora do Rozwadowa (roczn. Centr. Biura Hydrogr. w Wiedniu) 90 „
„ Rozwadowa do ujścia Zbrucza (j. w.) 361 „
Razem około 504 km

Wartość ta, jak również podane w dalszym ciągu kilometrowanie wodowskazów i punktów ujścia dopływów, odnosi się do trasy regulacyjnej. Pierwotny, naturalny bieg górnego Dniestru mierzył (według map 1:75,000) od źródeł do ujścia Zbrucza 576 km.

Cimbalenko (j. w.) podaje długość całej tej przestrzeni bez cytowania źródeł na 528 km. W „Słowniku Geograficznym“ podano jako długość Dniestru od źródeł po Zbrucz 608 km.

³⁾ Wyjątek stanowi przestrzeń, pozostająca pod retencyjnym wpływem bagien, który przy wezbraniach letnich daje się odczuć silniej niż przy wiosennych.

⁴⁾ „Matierjały dla opisanja russkich riek. Wypusk I. (Dnistr, jego opisanje i przedpołożenie ob uluczsenij“. Otczet Inż. N. P. Puzyrewskiego“ (Petersburg 1907).

na Dniestrze środkowym i dolnym w drugiej połowie lutego lub w marcu, zaś letnie (mniejsze od wiosennych), w drugiej połowie czerwca („Petrowskij pawodok“ — między 5. a 10. czerwca st. st.), następnie z początkiem lipca (około 20. czerwca st. st.), lub wreszcie ku końcowi sierpnia („Spasowski pawodok“ — między 10. a 15. sierpnia st. st.). Porównanie tych dat z podanem wyżej zestawieniem pory wezbrań w górnej przestrzeni wskazuje na to, że letnie wezbrania średniego i dolnego Dniestru pochodzą przedewszystkiem z płynnych opadów górskiej części dorzecza¹⁾. Cytowany autor przypisuje powstawanie powodzi letnich tajaniu śniegów w górnym dorzeczu i deszczom w obszarze źródłowym. Twierdzenie to — o ile odnosi się do wpływu topniejących śniegów na wezbrania letnie — nie znajduje potwierdzenia w zebranym materiale obserwacyjnym. Główna odwilż nie ogranicza się mianowicie do nizin, lecz obejmuje w tym samym — dłuższym lub krótszym, co najwyżej kilkutygodniowym — okresie przeważającą część dorzecza. W dorzeczu górnego biegu powłoka śnieżna znika na ogół w ciągu marca, a najwyższych obserwowanych stacjach — najpóźniej do końca kwietnia; pozostała jeszcze po tym okresie ilość śniegów na szczytach jest zbyt mała, aby przy późniejszym topnieniu zdołała zaznaczyć się podniesieniem stanów wód dolnego Dniestru w lecie. W rzeczywistości wody karpackie wzbierają wskutek tajania śniegów wprawdzie niezupełnie równocześnie z dolnym biegiem rzeki, lecz w tym samym okresie wielkiej odwilży wiosennej — i mieszczą się w głównej fali roztopowej dolnego biegu.

Podane powyżej przez Puzyrewskiego rozróżnienia trzech okresów wezbrań w miesiącach od czerwca do sierpnia, nie posiada istotnego znaczenia dla badania całokształtu odnośnych zjawisk; badanie to wymaga natomiast odróżnienia wśród wezbrań Dniestru — zależnie od przyczyn powstawania i od przebiegu fali — dwu głównych, wspomnianych już powyżej grup: wezbrań wiosennych, roztopowych (wspomaganych czasem przez opady płynne) i wezbrań letnich, wyłącznie deszczowych. Prawidłowe posuwanie się fali wzdłuż rzeki daje się obserwować jedynie w wezbraniach drugiego typu; natomiast powodzie będące skutkiem odwilży wiosennej, nie postępują regularnie z biegiem rzeki, lecz — zależnie od położenia danego odcinka — pozostają pod bezpośrednim wpływem procesu topnienia śniegu w najbliższych częściach dorzecza. Wpływ ten daje się odczuć w dorzeczu niższym znacznie silniej, niż w obszarach o większym wzniesieniu i znaczniejszych różnicach wysokości, gdyż topnienie jest na równinach intensywniejsze i obejmuje od razu większe przestrzenie. Na Dniestrze ma się przytem do czynienia z wcześniejszą zwykłą temperatury w dolnych partjach dorzecza, jako wysuniętych dalej na południe, co sprzyja oczywiście wcześniejszemu spływowi wód i wcześniejszemu ruchowi lodów w dolnym biegu rzeki²⁾. Przy badaniu poszczególnych fal różnice przebiegu wezbrań roztopowych z jednej, a deszczowych — z drugiej strony, wystąpią same przez się.

¹⁾ Kilkudniowa rozbieżność dat, (przy których porównaniu należy uwzględnić różnicę czasu pojawiania się kulminacji w górnym a średnim biegu, wynoszącą 2—3 dni) pochodzi prawdopodobnie stąd, że nasze porównanie opiera się na zestawieniu samych maximów rocznych okresu 1881—1910, podczas gdy Puzyrewskij brał prawdopodobnie pod uwagę także wezbrania mniejsze, z innego okresu obserwacyjnego.

²⁾ Dlatego też zatory zdarzają się tylko w górnym biegu rzeki; już w średnim należą do rzadkości.

Daty, stanowiące podstawę opisu poszczególnych powodzi, czerpano z następujących źródeł:

„Materiały do klimatografii Galicji“, zebrane przez Sekcję Meteorologiczną Komisji fizjograficznej Tow. Naukowego (od 1873 Akademii Umiejętności) Kraków. (Okres obserwacji: 1867—1886).

„Stan wody na rzekach galicyjskich oraz opad atmosferyczny“. Lwów. Nakładem Wydziału Krajowego (Okres obs.: 1887—1893).

„Lietopisy Nikołajewskiej Główniej Fizycznej Obserwatorji“ S. Peterburg. (Okres obs. 1881—1909).

„Swiedienja ob urownie wody na wnutriennich wodnych putiach Rossii“ Bassejny Czernaho i Azowskaho Morej. Tom III. 1881—1890, Tom VI. 1891—1900, Tom X. 1901—1910. (S. Peterburg 1908, 1910, 1913).

„Rocznik Hydrograficzny Centralnego Biura“ Cz. XIII. Dorzecze Dniestru i Dniepru. (Okres obserw. 1893—1912). Wiedeń.

„Rocznik Hydrograficzny 1913. Dorzecze Dniestru i Dniepru w granicach b. zaboru austriackiego“. Warszawa 1924.

Materiał użyty do opracowania nie jest jednolity: ilość i rodzaj dat wykazuje znaczne różnice, zależnie — z jednej strony od dawnej przynależności państwowej danego odcinka rzeki wzgl. części dorzecza, z drugiej zaś — od okresu, do którego się odnosi. W dorzeczu górnego Dniestru znajdujemy więcej codziennych spostrzeżeń temperatury i opadów, oraz bardziej szczegółowe daty co do zmian stanów wody, natomiast „Swiedienja“ zawierają tylko poranny odczyt stanów wody, zaś w „Lietopisach“ codzienne spostrzeżenia meteorologiczne są publikowane *in extenso* tylko dla pewnej części wybranych stacji, z których w niektórych latach ani jedna nie leży na badanym obszarze. Tę niejednorodność materiału równoważy poniekąd to, że skomplikowany i gwałtowny przebieg wezbrań w górnym dorzeczu wymaga znacznie obfitszego materiału spostrzeżeń, niż spokojniejsza i pozostająca pod przeważającym wpływem wezbrań roztopowych przestrzeń dolnego Dniestru.

Materiał obserwacyjny jest oczywiście tem obfitszy, im mniej odległą jest przeszłość, do której należą spostrzegane objawy; ilość stacji wodowskazowych m. p. wzrasta na Dniestrze pomiędzy 1867 a 1912 rokiem z 6 na 21, zarazem zaś powstaje w tym okresie szereg stacji na górskich dopływach. W przestrzeni rosyjskiej funkcjonują w 1881 r. tylko 2 stacje, w 1910 zaś 10 stacji wodowskazowych.

Analogiczny postęp spostrzega się (zwłaszcza w górnej części dorzecza) co do spostrzeżeń opadu i ciepłoty.

Z cech hydrograficznych Dniestru, szczególnie ważnych dla przepływu wielkich wód, należy tutaj przypomnieć następujące:

Dniestr, mający początek w Beskidzie Wschodnim pod szczytem Rozłucz (933 m nad poz. m.) powyżej wsi Wołcze, płynie zrazu jako dziki górski potok, o silnym spadzie i krętym biegu, przyczem ogólny kierunek jego, początkowo północno-zachodni, załamuje się potem kolejno ku północy i północnemu wschodowi. W okolicy Strzyłek wchodzi w dolinę prowadzącą zrazu ku północnemu wschodowi, potem zaś ku północy, a rozszerzającą się w okolicy Spasa, zaś począwszy od Starego Sambora przepływa pagórkowaty obszar w kierunku północno-wschodnim doliną kilkukilometrowej szerokości; spadek rzeki zmniejsza się w tej przestrzeni, a koryto dzieli się miejscami na ramiona. Przy ujściu Strwiąża zwraca się Dniestr ku południowemu wschodowi i wchodzi poniżej przekopu Hordyńsko-Dołobowskiego w obszar Wielkich Błot naddniestrzańskich, rozpościerających się (niemal w całości po prawym brzegu rzeki) pomiędzy tym przekopem a ujściem Tyśmienicy, w zwartym obszarze 10.794 ha. Mniejsze powierzchnie bagien i moczarów towarzyszą rzecze w dalszej części niziny naddniestrzańskiej; dopiero koło Niżniowa wchodzi Dniestr w wąską, krętą dolinę, ograniczoną z obu stron skalistymi ścianami o wysokości 40—60 m. Ogólny kierunek biegu, na całej tej przestrzeni południowo-wschodni, zmienia się koło Zaleszczyk na wschodni, który rzeka zatrzymuje aż do wsi Bielocz, gdzie zwraca się na południe. Bieg jej jest w dalszym ciągu kręty; strome i wysokie krawędzie doliny zbliżają się do łożyska Dniestru to

z lewej to z prawej strony, brzegi wznoszą się wszędzie ponad poziom wielkich wód. W dolnym biegu, poniżej Dubosar, w przestrzeni skierowanej znowu na południowy wschód, brzegi są przeważnie niskie, zarosłe, poprzecinane strugami wód i zalewane podczas wezbrań. Około 150 km powyżej ujścia odgałęzia się od głównego koryta Dniestru odnoga Turunczuk (w przybliżeniu 70 km dł.) o biegu znacznie mniej krętym niż rzeka sama. Turunczuk łączy się następnie z Dniestrem napowrót przez Jezioro Białe, około 20 km powyżej ujścia. Zarówno Turunczuk jak i Dniestr płyną tutaj terenem nizinnym, pokrytym sitowiem i zaroślami, poprzerywanym przez strugi, stawy i dawne koryta; obszar ten przybiera na znacznych przestrzeniach charakter moczaru, który sięga aż po liman Dniestrowy¹⁾. Przed ujściem w zatokę oddziela się od Dniestru na prawo ku limanowi krótkie boczne koryto („girło Taranczuk Surowcewa“), nie mające zresztą większego znaczenia dla przepływu. Przez wąski pas piaszczysty, oddzielający liman od Morza Czarnego, przepływają wody Dniestru dwoma korytami: Carogrodzkim, przedstawiającem główną drogę wodną i Ocza-kowskim, wysuniętem dalej ku północy.

Dorzecze górnego Dniestru pod względem geograficznym należy południową częścią swego obszaru do dziedziny górskiej, północną do wyżyny Podola. Pozostała zlewnia Dniestru wchodzi w skład płyty Ukraińskiej. Pod względem klimatycznym wyróżnia się przedewszystkiem dziedzina górską swemi intensywnymi opadami i niską temperaturą lata. Zachodnia część Podola znajduje się jeszcze pod wpływem klimatu oceanicznego, całą pozostałą zlewnię Dniestru (dziedzina Pontyjska) cechuje klimat naogół jednostajny, zaostrzający się stopniowo ku wschodowi i przechodzący w typ kontyentalizmu stepowego. Dziedzina Pontyjska odznacza się znaczną amplitudą rocznej ciepłoty, łagodnym przebiegiem zimy i anormalnie ciepłym latem.

Przeciętna wartość rocznych sum opadu wynosi: w górach przeważnie 800—1200, (miejscami ponad 1200) m/m, na podgórzu 700—800, na Podolu przeważnie 600—700, w nizinie naddniestrzańskiej 500—600, na pozostałej części dorzecza 400—500 m/m. Najwydatniejszymi są w całym dorzeczu opady letnie.

W układzie dorzecza najważniejszą rolę odgrywają obszary karpackie, bardzo znaczne w stosunku do dorzecza samego Dniestru w jego górnym biegu. Strwiąż powiększa dorzecze rzeki głównej z 987.3 na 1931.7 km², czyli o 96%, Bystrzyca Samborska z 3161.8 na 4286.0 t. j. o 35%, Stryj z 5905.3 na 8824.8 t. j. o 49%, Świca z 9,909.1 na 11,399.0 t. j. o 15%, Łomnica z 12,772.8 na 14,294.7 t. j. 12%, Bystrzyca z 16,070.3 na 18,577.0 t. j. o 16%.

Wogóle obszar karpackiej części dorzecza Dniestru²⁾ wynosi około 13,900 km², zaś dorzecze lewobrzeżne od ujścia Strwiąża do Gnilej Lipy³⁾ włącznie około 4,700 km²; w tej części dorzecza przypada zatem okragło $\frac{3}{4}$ na obszar przeważnie górzysty. Jeżeli zważy się przytem, że obszary te wskutek b. silnych opadów i szybkiego spływu wód oddziałują szczególnie silnie na przebieg zmian stanów wody, staje się jasnym, że wobec tych cech dorzecza dopływów karpackich — przy typowym przebiegu wezbrań letnich — niknie niemal zupełnie wpływ innych dopływów Dniestru⁴⁾, zwłaszcza tych,

¹⁾ Liman Dniestru przedstawia — jak wiadomo — płytką zatokę o długości niespełna 65 km, szerokości 4 do 12 km, oddzieloną od morza piaszczystym pasem („peresyp“).

²⁾ T. zn.: dorzecze początkowego biegu Dniestru (po ujściu Strwiąża), następnie Strwiąż, wreszcie całe prawobrzeżne dorzecze po Bystrzycę włącznie.

³⁾ Pomiędzy ujściem Gnilej Lipy a ujściem Zbrucza przeważa natomiast dorzecze rzek podolskich: mianowicie zlewnia Dniestru zwiększa się z lewej strony o 13,179 km², podczas gdy z prawej tylko o 1,867 km².

⁴⁾ W przestrzeni poniżej ujścia Zbrucza przypada (według Puzyrowskiego) — po lewym brzegu: na Smotrycz (dł. biegu około 150 km, ujście w km 785 od ujścia Dniestru do morza) 1790 km², na Uszycy (dł. ok. 112 km, ujście w 716 km) 1,561 km², na Morachwie (al. Murachwa, Morała — ujście około 4 km powyżej Jampola) 2,426 km², zaś po prawym: na Reut (al. Rediu-Mare v. Bołota — ujście przy Dubosarach Nowych) 7,571 km², na Ikuł (al. Ikel v.

które uchodząc w dolnym biegu rzeki, odwadniają obszary, w stosunku do całości zlewni niewielkie.

Z przytoczonych powyżej cech rzeki i jej doliny zasługuje tutaj na podkreślenie przede wszystkim wpływ retencji, pojawiający się naprzód w górnym odcinku, następnie zaś w końcowej przestrzeni rzeki. W odcinku górnym wpływ tego rodzaju wywierają rozciągające się poniżej ujścia Strwiąża Wielkie Błota Naddniestrzańskie: powstrzymują one spływające z góry masy wód, które dopiero następnie, po napełnieniu tego naturalnego rezerwaru a już po opadnięciu fali dalszych odcinków, odpływają w dół rzeki ze znacznym opóźnieniem i w zwolnionym tempie, tracąc w międzyczasie znaczną część swej objętości na wsiąkanie i parowanie. Tym sposobem zaciera się w przebiegu wielkich wód związek pomiędzy początkowym odcinkiem Dniestru a jego dalszą przestrzenią.

Podobne działanie retencyjne wywiera oczarowata inundacja dolnej przestrzeni (zwłaszcza poniżej odgałęzienia Turunczuka), zaś szczególnie wybitnie zaznacza się w tym kierunku wpływ Jeziora Białego, który odbiera wahaniami zwierciadła wody w końcowej przestrzeni wogóle charakter wezbrań. Dla zilustrowania tego wpływu posłużyć może następujące zestawienie, w którym porównano granice amplitud rocznych (t. j. najmniejsze i największe różnice pomiędzy maximum a minimum rocznym) okresu 1901—1910 dla wodowskazów: Bendery (powyżej odgałęzienia Turunczuka), Ołonieszty (poniżej odgałęzienia) i Majaki (poniżej Jeziora Białego).

Wodowskaz	Odległość od ujścia (w km)	Amplituda roczna (w m)	
		od:	do:
Bendery . . .	211	3.18	7.15
Ołonieszty . . .	81	1.94	3.24
Majaki . . .	15	0.79	1.62

Przy wezbraniu to zmniejszenie wahań poziomów wody, połączone oczywiście również z przesunięciem momentu kulminacji, daje się odczuć tak silnie, że — jak wspomniano — krzywa zmian stanów wody nie odzwierciedla tu przebiegu fali poprzedzającego odcinka.

Fala wezbrania może zatem być w swym jednolitym przebiegu śledzona tylko na przestrzeni pomiędzy strefami oddziaływania obydwu powyższych obszarów retencyjnych, a więc w przybliżeniu na długości przeszło 1000 km, od ujścia Stryja do odgałęzienia Turunczuka. Na szczególne uwzględnienie zasługuje przytem krótki stosunkowo odcinek pomiędzy ujściem Stryja a ujściem Bystrzycy (Nadwórniańskiej), ponieważ rola karpackich dopływów tej przestrzeni — podczas wezbrań letnich decydująca dla przebiegu fali całego dalszego biegu — zmienia się w poszczególnych wypadkach, stosownie do rozkładu i intensywności opadów atmosferycznych.

Poniżej zestawiono odczyty kulminacyjne (wraz z datą kulminacji) obserwowane podczas wybitnych wezbrań okresu 1891—1910 r. na kilka najważniejszych wodowskazach o nieprzerwanej serji spostrzeżeń.

Opis przebiegu większych powodzi okresu 1867—1925.

a) Wezbrania letnie.

Wezbranie z lipca 1867 r. przyniosło w początkowym odcinku Dniestru (wodowskaz Radłowice) oraz w odcinku pomiędzy obszarem Wielkich Błot a ujściem Stryja absolutne maxima całego okresu obserwacyjnego 1850—1924.

Nietylko z porównania poziomów kulminacyjnych¹⁾, oraz względnych wysokości wzniesienia fali, lecz i z jej kształtu —

Ikiel — km 322) 957 km², na Byk (v. Bykul) 2.147 km², na Botnę 1.536 km². (Nazwy, oraz daty co do długości biegu rzeki i punktu ujścia wzięto ze „Słownika Geograficznego“).

¹⁾ Ówczesne stan służby hydrograficznej i meteorologicznej utrudnia znacznie rozpatrywanie szczegółów tego wezbrania. W „Ma-

w szczególności z podobieństwa krzywej stanów wody na Dniestrze w Radłowicach i na Strwiążu przy jego ujściu — wynika, że główne ognisko opadów leżało w najbardziej zachodniej części dorzecza. Bardzo powolne (zapewne wskutek dłuższego trwania opadów już po przejściu kulminacji) opadanie stanów wody w Radłowicach (Dniestr) i Koniuszkach (Strwiąż) czyni wpływ retencji dalszego odcinka mniej widocznym. Równocześnie z Dniestrem w Radłowicach i Strwiążem w Koniuszkach t. j. 10. VII., kulminował Stryj w Stryju¹⁾, natomiast kulminacja na Dniestrze w Siwce (poniżej ujścia Świcy) wypadła o 4 dni później, bo dopiero w nocy z 13. na 14. VII.²⁾ Widać stąd, że oddziaływanie Stryja ustąpiło przodującej roli wezbrania Świcy, która wywołała w korycie Dniestru odrębną kulminację na podstawie, wytworzonej przez dopływy górnej przestrzeni. Spłaszczenie linii wezbrania w Niżniowie wskazuje na to, że opady były w dalszej części dorzecza mniej intensywne i że kolejność spływania wód ze ścieków bocznych w główne koryto działała nietyło w kierunku podwyższenia ile przedłużenia wysokich stanów.

Absolutne maxima, obserwowane w 1867 r. w Radłowicach i Rozwadowie przenosiły przeszło o 1.0 m najwyższe obserwowane następnie stany wody; natomiast kulminacje w Siwce i w Haliczu leżały o 1.00 wzgl. 1.20 m, w Niżniowie o 3.00, a w Zaleszczykach o 3.50 m poniżej absolutnego maximum. Podobny stosunek zachodzi też pomiędzy wartościami wzniesienia wierzchołka fali ponad jej podstawę w 1867 r., a analogicznymi wartościami maksymalnymi.

Chyżość postępu fali — o ile da się skonstatować na podstawie szczupłych dat ówczesnych — odpowiada na ogół wartościom, obliczonym z późniejszych, bardziej szczegółowych obserwacji; wynosiła ona na przestrzeni między Siwką³⁾ a Haliczem około 2.9 km/h, zaś między Haliczem a Zaleszczykami⁴⁾ przeciętnie 7.3 km/h.

Wezbranie z sierpnia 1882 r. zaznaczyło się na całej przestrzeni od ujścia Stryja w dół jako bardzo wybitna, częściowo bezwzględnie największa (abs. max. w Siwce i w Haliczu), pozatem zaś niemal największa powódź 50-letniego okresu. Bardzo wyraźnie zarysował się tutaj wpływ Stryja, widoczny w wytworzeniu kulminacji dn. 21. VIII. w Żurawnie; ustąpił on jednak w dalszej przestrzeni oddziaływaniu Świcy, która wywołała w Siwce kulminację o dzień wcześniej, niż kulminacja obserwowana w Żurawnie (o 22.5 km w górę rzeki). Kulminacja w Haliczu wypadła prawdopodobnie pomiędzy dwoma porannymi odczytami 20. i 21. VIII.; w Niżniowie zanotowano ją 21., w Zaleszczykach 22., a w Mohylowie 23. sierpnia. W dolnym biegu rzeki charakterystyczny kształt fali nagłego letniego wezbrania zatracą się; w Benderach stan kulminacyjny notowany jest przez 4 dni bez zmiany⁵⁾.

Obserwowane podczas tego wezbrania absolutne maxima w Siwce i w Haliczu leżały o 0.24 względnie o 0.40 m wyżej od najbliższych z kolei stanów kulminacyjnych (z 1893 wzgl. 1900 r.). W górnej przestrzeni kulminacja zajęła poziom o 1.80 (Radłowice) względnie 1.15 m (Rozwadów) niższy od absolutnego maximum z 1867 r.; w Niżniowie i Zaleszczykach przewyższała wprawdzie wszystkie kulminacje notowane poprzednio

terjałach do klimatografji Galicji“ podane są daty opadowe dla 5-ciu stacyj dorzecza Dniestru, z których tylko 1 (Drohobycz) należy do obszaru karpackiego. W 8-miu istniejących wówczas stacyjach wodowskazowych odczytywano stan wody raz dziennie (jedynie dla Siwki i Halicza podają „Materiały“ kilka odczytów dokonanych poza zwykłą porą spostrzeżeń); więc zarówno pora jak i wysokość kulminacji da się określić tylko w przybliżeniu.

¹⁾ 40 km od ujścia.

²⁾ Przy dominującym wpływie Stryja odstęp czasu między kulminacjami Stryja w Stryju a Dniestru w Siwce wynosi 24—36 h.

³⁾ Z podanego powyżej przebiegu wezbrania wynika, że ciągłość postępu fali daje się tu obserwować dopiero od wodowskazu w Siwce w dół rzeki.

⁴⁾ W dalszej (rosyjskiej) przestrzeni Dniestru obserwacje stanów wody nie były wówczas jeszcze zorganizowane.

⁵⁾ Pomiędzy Mohylowem a Benderami (odległość około 420 km) nie było wówczas żadnej czynnej stacji wodowskazowej.

Zestawienie odczytów kulminacyjnych (w *cm*) ważniejszych wezbrań okresu 1881—1910.

Rok	Stacja wodowskazowa					
	Radłowice	Rozwadów	Halicz	Zaleszczyki	Mohylów	Bendery
1881	20. III. + 120	21. III. + 290	22. III. + 230	21. III. + 300	22. III. + 378	28. III. + 949
1882	20. VIII. + 120 ¹⁾	23—25. VIII. + 280	20—21. VIII. + 500	22. VIII. + 616	23. VIII. + 563	25—28. VIII. + 811
1884	19. VI. + 190	21. VI. + 370	21. VI. + 420	23. VI. + 440	24. VI. + 469	29—30. VI. + 811
1888	19. III. + 90	15. III. + 330	21. III. + 235	23. III. + 400 ²⁾	22—23. III. + 414	24. III. + 986
1893	6. VI. + 145	8. VI. + 290	6. VI. + 435	7. VI. + 650	9. VI. + 663	15. VI. + 896
1893	12. VIII. + 180	15. VIII. + 265	14. VIII. + 365	15. VIII. + 470	16. VIII. + 437	19. VIII. + 811
1900	11. VIII. + 200	14. VII. + 244	12. VII. + 460	14. VII. + 560	14. VII. + 565	19. VII. + 811
1906	7. VI. + 173	10. VI. + 246	7. VI. + 374	8. VI. + 500	10. VI. + 503	13—15. VI. + 809
1909	24. III. + 18	24—25. III. + 256	25. III. + 255	27—28. III. + 370 ³⁾	29—30. III. + 587	3. IV. + 885

¹⁾ Dnia 10. VIII. + 130 *cm*; ²⁾ dn. 14. III. + 440 *cm*; ³⁾ dn. 23. III. + 450 *cm* — zator.

U w a g a do 1) i 2): W zestawieniu podano odczyty fal korespondujących, nie zawsze identyczne z najwyższymi odczytami całego wezbrania.

wraz z powodzią 1867 r. (o 2·64 wzgl. 3·16 *m*), została jednak następnie przewyższona w 1893 r. o 0·35 względnie o 0·34 *m*.

Fala rozpoczęła się od stosunkowo niskiego poziomu, o czym świadczą wartości względnego wzniesienia (elewacji) jej szczytu ponad podstawę. Elewacja ta osiągnęła w Siwce maksymalną wartość całego obserwowanego okresu (4·5 *m*), zaś w Haliczu zbliżyła się do niej na 0·10 *m* (3·9 *m* w 1882 r., max. 4·0 *m* w 1900 r.) w Niżniowie (4·8 *m*) była o 0·60 *m*, a w Zaleszczykach (5·06 *m*) o 0·64 *m* mniejszą od późniejszych *maximów* wzniesienia.

Wezbrania z czerwca 1884 r. da się — dzięki obszernej materjałowi spostrzeżeń opadu — dokładniej określić co do przyczyn jego powstania. Czerwiec 1884 r. był w górnym dorzeczu Dniestru wogóle bardzo obfity w opad. Deszcze pierwszej połowy miesiąca nie odznaczały się wprawdzie większą wydatnością (w niektórych dniach 10—22 *m/m* dziennie), lecz padały niemal bez przerwy; dn. 17. VI. wydatność ta zwiększyła się niemal powszechnie, poczem nastąpił dzień najsilniejszego deszczu (18. VI. w Chyrowie 79·5 *m/m*, w Starym Samborze, w Samborze i Podmanasterku ponad 60 *mm*). Dnia 19. VI. opad przerosł przeważnie 20 *mm* wysokości (w Łomnie zanotowano tegoż dnia *maximum* uważanego okresu opadów, t. j. 63·3 *mm*), osiągając następnie podobną wydatność miejscami jeszcze 20. i 21. VI., zaś z mniejszą intensywnością trwał do 23. czerwca.

W początkowym odcinku Dniestru (Radłowice) wezbranie zaczęło się już w okresie początkowych, stosunkowo niewielkich opadów, a mianowicie 16. VI. W przestrzeni pomiędzy Rozwadowem a Niżniowem obserwowano silniejszy wzrost stanów wody od 18. VI., następnie w Zaleszczykach od 19., w Mohylowie od 20. czerwca. W Niżniowie i Zaleszczykach

fala rosła zrazu bardzo szybko, nie dochodząc jednak w tej pierwszej fazie do kulminacji, lecz wykazując charakterystyczny punkt załomu, poza którym stany wody wzrastały już znacznie powolniej w dalszym ciągu, pod wpływem mniej intensywnego deszczu z 19. VI. i z dni następujących. Także linja opadania stanów wody doznaje przerwy w ciągłości, wskutek przejściowego wzmocnienia się deszczu. W Mohylowie (300 *km* poniżej Zaleszczyk) kształt fali wyrównuje się, w Dubosarach (290 *km* dalej w dół rzeki) górna część jej zaokrągla się i spłaszcza, zaś w Benderach (130 *km* poniżej Dubosar, a 720 *km* poniżej Zaleszczyk) poziom wody wykazuje w sterfie kulminacyjnej przez szereg dni (od 26. do 30. VI.) tylko bardzo małe wahania, z dwudniową kulminacją 29—30. VI.

Wysokość i przebieg fali w dolnym biegu wskazuje na to, że wezbranie idące z górnego Dniestru natrafiło w dalszej przestrzeni na rozległe deszcze, wskutek czego przybrało na całej długości biegu bardzo znaczne — zwłaszcza jak na powódź letnią — rozmiary¹⁾. W Dubosarach szczyt fali wznosił się ponad podstawę o 5·27 *m*, w Benderach o 4·91 *m*.

Rok 1893 przyniósł dwa wybitne wezbrania: w czerwcu i w sierpniu. Pierwsze z nich²⁾ stało się krytycznym dla przestrzeni poniżej ujścia Bystrzycy, sprowadzając m. in. absolutne *maxima* w Niżniowie i w Zaleszczykach, zaś drugie należało do największych notowanych powodzi w odcinku pomiędzy ujściem Stryja a ujściem Łomnicy.

Okres deszczów, które sprowadziły wezbrania czerwcowe, rozpoczął się już właściwie około 25. maja i trwał (z dwudnio-

¹⁾ Dat opadowych 1884 r. dla dolnego dorzecza Dniestru w „Litopisach“ nie znaleziono, wyjąwszy stację w Odessie, która od 24. do 27. czerwca notowała mierne opady (od 7·9 do 12·4 *m/m* dziennej wysokości).

²⁾ Zob. wykres rys. 1.

wą przerwą w końcu tego miesiąca) do 7. względnie 8. czerwca. Szczególnie silny opad notowano w dniach 3—6. czerwca, które to dni we wielu wypadkach przyniosły maximum roczne. Najsilniejsze deszcze spadły w dorzeczach Łomnicy i Bystrzycy, skupiając się tam na 4. i 5. VI.; tak n. p. notowano 4.

VI.: w Niebyłowie 75 m/m, w Suchodole 94·6 m/m, w Hołodyszczu 60·2 m/m, w Bohorodczanach 70 m/m, a dn. 5. VI.: w Suchodole 150·9, w Petrancee 53·4, w Hołodyszczu 70·4, w Nadwórnej 72·2 m/m.

(C. d. n.).

Inż. Tadeusz Niemczynowski,
adjunkt katedry Teorii maszyn cieplnych.

Teoretyczne podstawy chłodzenia cylindrów maszyn.

Literatura.

- (1). Abelein, Ölmotor 1918, str. 1.
- (2). Alt, Zeitschrift d. V. d. I. Dieselheft 1924.
- (3). Burstall, Phil. Mag. XL. 1895, 282.
- (4). Clerk D., Proc. Roy. Soc. London A. 77, 1906, str. 500.
- (5). Callendar-Nicholson, zebrane w A. Bantlin, Zeitschrift d. V. d. I. 1899, str. 774 i nast.
- (6). Cocer-Scoble, według Wolff (64).
- (7). David, Phil. Mag. 1920, str. 318.
- (8). Duchesne Armand, według Merigéant, Cours des machines, St. Étienne 1919.
- (9). Donkin Bryan, Experiments on the condensation of steam in cylinders of iron and other metals, 1895.
- (10). Dumanois, Génie Civil z 21/VI. 1924, str. 602.
- (11). Eberman, Zeitschrift d. V. d. I. 1920, str. 425.
- (12). Eichelberg, Forschungsheft 263/924.
- (13). Ernst, Mitteilungen der Dampf u. Wärmetechnischen Versuchsanstalt der D. und V.-Ges. Wien. Nr. 1, 15 X. 1920.
- (14). Fuchs, Forschungsheft 22/905.
- (15). Geiger, Zeitschrift d. V. d. I. 1925, str. 905.
- (16). Golczewski, „Czasopismo Techniczne“ 1924. Le Génie Civil 1924. LXXXVI, str. 163.
- (17). Gröber, Grundgesetze der Wärmeleitung und des Wärmeüberganges. Berlin 1921.
- (18). Güldner, Entwerfen und Berechnen der Verbrennungskraftmaschinen. Berlin 1922. III. wyd.
- (19). Güldner, Einfluss der Betriebswärme auf die Steuerungseingriffe der Verbrennungsmotoren, Berlin 1924.
- (20). Hall Edvin, streszcz. Zeitschrift des V. d. I. 1891, str. 1352.
- (21). Helmholtz, Licht und Wärmestrahlung verbrennender Gase, 1889.
- (22). Jacob Max. Zeitschrift d. V. d. I. 1922, str. 1138.
- (23). Junkers, Jahrbuch der Schiffbautechn. Ges. 1912, str. 264.
- (24). Klemperer, Zeitschrift d. V. d. I. 1905, str. 797.
- (25). Körting, Forschungsheft 4 902.
- (26). Köster, Zeitschrift d. V. d. I. 1904, str. 109.
- (27). Laudahn, Zeitschrift d. V. d. I. 1923, str. 1093.
- (28). Laudahn, Zeitschrift d. V. d. I. 1924, zesz. 46.
- (29). Lebrecht, Zeitschrift d. V. d. I. 1905, str. 151.
- (30). Landolt-Börnstein, Physikalisch-Chemische Tabellen 1923.
- (31). Le Chatelier-Mallard, zebr. Schüle, Technische Thermodynamik, tom II, 4 wyd. 1925.
- (32). Meyer, Forschungshefte 3/901 i 8/903.
- (33). Münzinger, Forschungsheft 174/915.
- (34). Nusselt, „ „ 89/910.
- (35). „ „ Zeitschrift d. V. d. I. 1910, str. 1154.
- (36). „ „ „ „ „ 1914, „ 361.
- (37). „ „ Gesundheitsingenieur 1915, str. 222.
- (38). „ „ Forschungsheft 264/294.
- (39). Nägel, Zeitschrift d. V. d. I. 1913, str. 1074.
- (40). „ „ Zeitschr. d. V. Dieselheft 1924.
- (41). Neumann, Forschungsheft 245/921.
- (42). „ „ Zeitschr. d. V. Dieselheft 1924.
- (43). Ostertag, Entropietafeln für Luft, 1917.

- (44). Petavel, Phil. Mag. 1902, III t., str. 361.
- (45). Petersen, Forschungsheft 143/913.
- (46). Rehfuss, Zeitsch. d. V. Zuschr. an die Red. 1916, str. 460.
- (47). Rehfuss, Ölmotor 1916, str. 313.
- (48). Riedler-Löffler, Die Ölmaschinen, Berlin 1916.
- (49). Riem, Zeitschrift d. V. d. I. 1921, str. 522.
- (50). „ „ „ „ „ 1921, str. 923.
- (51). „ „ „ „ „ Dieselheft 1924.
- (52). „ „ „ „ „ 1924, str. 641.
- (53). Richter, Forschungsheft 32/906.
- (54). Smoluchowski, według (61).
- (55). Soenneken, Forschungsheft 108—9/911.
- (56). Stanton, Phil. Trans. of the Roy. Soc. 1897, T. 190, str. 67.
- (57). Stender, Der Wärmeübergang an strömendes Wasser in vertikalen Rohren, Berlin 1924.
- (58). Wach, Der Wärmedurchgang durch die Zylinderwendungen einer Gasmaschine, Hannover 1908.
- (59). Wamsler, Forschungsheft 98—9/911.
- (60). Weisshaar, Forschungsheft 98—9/918, Ölmotor 1915/6, str. 151.
- (61). Winkelmann, Handbuch der Physik, Tom III., Lipsk 1906.
- (62). Witkiewicz, Tarcie mechanizmu korbowego a dzielność mechaniczna, Lwów, 1918.
- (63). Witz, według (38).
- (64). Wolff, Temperatuurmelingen in een Dieselmotor, Amsterdam 1924.

I. Określenie współczynników i temperatur.

W artykule poprzednim¹⁾ przedstawiłem metody, które można uchwycić matematycznie ilości ciepła, przepływające przez ściankę materiałną z medjum o temperaturach oscylacyjnych na medjum drugie, o temperaturze stałej. Mimo, że problem traktowany był zupełnie ogólnie, wzory tam zawarte nadają się wprost do obliczeń przy cylindrach maszyn.

Metody obliczeń są teoretycznie zupełnie dokładne, praktycznie niestety dalekie od tego ideału. W każdym z wyżej podanych wzorów występuje szereg współczynników (α_1 , α_2 , λ) oraz temperatur, które muszą być z góry przyjęte. Rozdział I. tego artykułu ma za zadanie przedstawić dzisiejszy nasz stan wiedzy o wielkościach tych współczynników i ich stosowności oraz podać w sposób krytyczny znane metody wyznaczania temperatur medjów pracujących i chłodzących, używanych przy cylindrach silników.

Na podstawie tych rozważań będzie można dopiero osądzić wartość i praktyczną stosowność metod rachunkowych, podanych w artykule poprzednim i stwierdzić, co jeszcze należy zrobić, by teoretyczne obliczenie zagadnienia przepływu ciepła przez ścianki cylindrów możliwie zbliżyć do rzeczywistości.

A. Określenie współczynników.

Współczynników tych jest trzy: współcz. przechodzenia ciepła z gazu na ściankę α_1 , współcz. przechodzenia ciepła ze ścianki na medj. chłodz. α_2 , współcz. przewodzenia ciepła ścianki λ .

¹⁾ Czasopismo Techniczne, zeszyt 12, z 25. czerwca 1925.

1. Spółczynnik przechodzenia α_2 określa ilość ciepła, przepływającą z zewnętrznej strony ścianki na medjum otaczające cylinder przez $1 m^2$ powierzchni w ciągu 1 godziny przy różnicy temperatur $1^\circ C$.

Dla medjów, które wchodzą w rachubę, to zn. powietrza, wody, oliwy i ewentualnie pary (przy maszynach z koszulką parową), spółczynnik ten zależy bardzo silnie od jakości, właściwości i stanu medjum, czyli od jego przewodnictwa właściwego, dalej od temperatury, od lepkości, od stanu fizycznego przy parach, od prędkości przepływu oraz od rodzaju ścianki otaczającej, to znaczy materiału, jakości jej powierzchni, kształtu i położenia. Mimo dokładnych badań, przeprowadzonych przez uczonych angielskich, amerykańskich i niemieckich, spółczynnik ten jest jeszcze bardzo niepewny i zmienny prawie dla każdego przypadku.

Kwestji tej, jako bardzo obszernej, nie będę na tem miejscu dyskutował, podaję jedynie parę zasadniczych wartości:

dla wody	500 do 6000	kal./m ² °C. godz.
„ pary kondensującej do	10000	„ „ „
„ powietrza	3 do 50	„ „ „

2. Spółczynnik przewodzenia λ wyraża się ilością ciepła, przepływającą przez $1 m^3$ materiału ścianki w ciągu godziny przy różnicy temperatur naprzeciwległych powierzchni $1^\circ C$.

Jest on stosunkowo najpewniejszy, najstalszy i najlepiej określony z omawianych spółczynników. Zależy, i to bardzo wybitnie od materiału ścianki, zmienia się zaś w wielkościach, dających się praktycznie odczuć tylko z temperaturą w sposób dla każdego materiału właściwy, to znaczy malejąc lub rosnąc.

Wynosi on dla:

żelaza lanego, kutego i stali	40—60	kal./m ³ °C. godz.
bronzu	∞ 50	„ „ „
miedzi	320	„ „ „

3. Definicję spółczynnika przechodzenia ciepła z gazu na ściankę można określić następująco:

W naczyniu zamknięta jest masa gazu, o pewnych właściwościach fizycznych i chemicznych i o temperaturze T_1 . Stan gazu jest dokładnie określony: dany jest jego skład, ciśnienie, ciepło właściwe, przewodnictwo, stan ruchu i t. d. temperatura ścianki T_2 .

Z gazu tego odpywa ua zewnątrz w ciągu godziny ilość ciepła q . Ponieważ ciepło może odpywać rozmaitemi drogami (to zn. przez przewodzenie, promieniowanie i t. d.), q jest sumą wartości ciepła odpywających na ściankę w postaci różnych form energii. Każda z tych form ruchu ciepła zależy znowu od stanu i właściwości medjum chłodzonego, jest więc jakąś funkcją ciśnienia, temperatury, przewodnictwa i innych, wyżej wymienionych dat fizycznych i chemicznych (x_i).

Matematycznie q przedstawi się w postaci wzoru:

$$q = f_1(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots) + f_2(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots) + \dots$$

Obliczyć ciepło odpywające na zewnątrz w taki sposób jest bardzo trudno. Raz dlatego, że nie wszystkie funkcje są dziś dokładnie określone, a znane już nam wyrażają się zwykle w bardzo skomplikowanej formie matematycznej. Następnie praktyka, dla której głównie obliczenia te są przeznaczone, wymaga raczej więcej spółczynników prostych, nieskomplikowanych niż ciężkich wzorów matematycznych.

Upraszcza się więc rachunki, zakładając, że ilość ciepła q zależy tylko od różnicy temperatur gazu i ścianki, a spółczynnik proporcjonalności, zmienny, nazywa spółczynnikiem przechodzenia ciepła z gazu na ściankę i ujmuje w tabeli i wzory empiryczne.

Matematyczne wyrażenie na ten spółczynnik brzmi:

$$\alpha_1 = \frac{q}{T_1 - T_2} = \frac{f_1(x_i)}{T_1 - T_2} + \frac{f_2(x_i)}{T_1 - T_2} + \dots = \alpha' + \alpha'' + \dots$$

Przebiegów fizycznych, które występują w cylindrach maszyn i wpływają na wielkość spółczynnika α_1 znamy narazie kilka. Wpływ ich objawia się rozmaicie silnie w rozmaitych wypadkach, raz jeden gra ważniejszą rolę, raz drugi. Celem zorientowania się, który będzie przy danym typie silnika decydujący, poddaję je szczegółowej dyskusji.

Przebiegi te dadzą się ująć w 5 punktów:

- przewodzenie,
- konwekcja (unoszenie),
- t. zw. wyraz czasowy Nusselta,
- promieniowanie,
- przebiegi inne.

a) Przewodzenie w swej formie koncepcyjnej, jak to ma miejsce przy ciałach stałych, przy chłodzeniu się gazów prawdopodobnie zupełnie nie występuje. Warunkiem powstania przepływu ciepła przez przewodzenie czyli przez udzielanie się go od cząstki do cząstki jest zupełny brak ruchu tych cząstek (naturalnie poza drganiem molekularnym). Tymczasem czy to w motorze czy w bombie występuje ruch cząsteczek tak silny, że udzielanie się ciepła może następować na bardzo krótkiej drodze w sposób nieuporządkowany, co znowu da się podciągnąć pod pojęcie konwekcji. Dlatego też połączenie tych dwu form ruchu ciepła a) i b), staje się koniecznością przy omawianiu zjawisk dyskutowanych.

Wprawdzie teza ustawiona dla motoru gazowego przez Otto o warstwowym rozkładzie mieszanki i temperatur znalazła swe poparcie nawet w nowszych czasach (Aberein), jednak pomiary na motorach, (o których będzie dokładniej mowa później), wykazały, że masy gazu w cylindrze znajdują się w gwałtownym ruchu, a tem samem nie jest możliwe powstanie umiejscowionego rozkładu temperatur i przepływu ciepła przez samo przewodzenie. Zresztą, choćby nawet miało to miejsce, spółczynnik przewodzenia λ dla gazów (poza wodorem (0,15), który zresztą w spalinach nigdy nie występuje) są bardzo małe, zawsze mniejsze niż 0,02, tak, że ilości ciepła tą drogą odpywające byłyby procentowo minimalne.

Znaczniejszy wpływ ma przewodnictwo w bombie przy zapaleniu centralnem dzięki skompromowaniu zewnętrznych warstw gazu wskutek powiększenia objętości spalonej, gorącej kuli wewnętrznej, podniesieniu ich temperatury i zagęszczeniu cząstek, czyli zwiększeniu gradienta temperatury, ale ma to miejsce tylko przez czas bardzo krótki (tysięczne części sekundy), przez część czasu spalania i przy gazie, który w chwili zapalu był w zupełnym bezruchu. A i wtedy, jak odlicza Nusselt (38) ilość ciepła, oddana przez przewodzenie, nie przekracza 20% t. zw. strat spalania.

Badania dotychczas przeprowadzane nad spółczynnikiem przechodzenia i ilościami ciepła przepływającego prowadzone były dzięki brakowi wytycznych dosyć chaotycznie. Przy omawianiu ich będę się więc trzymał nie tyle kolejności historycznej, ile raczej kolejności problemów, które były dyskutowane.

Zagadnieniem podstawowem było stwierdzenie, czy istnieje rzeczywiście podana na stronach poprzednich jako definicja proporcjonalność¹⁾ ilości ciepła przepływającego do różnicy temperatur przy zmiennym spółczynniku α_1 , czy też może odwrotnie α_1 jest stałe, a ciepło zależy od jakiejś funkcji różnicy temperatur, czy wreszcie obydwa są zmienne.

Pomiary wykonywane od roku 1859 na kotłach stałych i ruchomych wskazywały nietylko, że taka proporcjonalność istnieje, ale też, że spółczynnik przechodzenia jest stały. Skoro jednak zaczęto badać stosunki cieplne na motorach, proporcjonalność ta zaczęła się psuć. Przyjęto więc spółczynnik dalej jako stały, a zmienność przerzucono w różnicę temperatur:

$$q = C \cdot f(T_1 - T_2).$$

I tak Meyer dochodzi w swych badaniach do wzoru:

$$q = 0,148 [T_1 - T_2]^{1,9} = \infty 0,148 [T_1 - T_2]^2,$$

stwierdza więc proporcjonalność do drugiej potęgi różnicy temperatur.

Wach znajduje wzór:

$$q = 0,0878 [T_1 - T_2]^{2 + 1/10} (0,001 T_1 - 1)^2.$$

W roku 1914 opublikował Nusselt (36) swe pomiary na bombach, wykazując mylność założeń Mayera i Wacha. Zda-

¹⁾ Podana (w nieco innej formie, bo dla promieniowania) przez Newtona, zasadnicze założenie teorii Fouriera, Théorie analytique de la chaleur, Paris 1822.

niem jego, twierdzenie Fouriera jest ważne i przy motorach, zmienny natomiast jest współczynnik proporcjonalności.

Oparł on się na swych badaniach, przeprowadzonych w roku 1908—1910 (34) nad przechodzeniem ciepła przez ścianki rur, gdzie dochodzi do wzoru:

$$\alpha = 15,90 \frac{\lambda_{s,e}}{d^{0,214}} \left(\frac{w c_p p}{\lambda R T} \right)^{0,786}$$

oraz na swych pracach teoretycznych, opublikowanych dopiero w roku 1915 (37) nad współczynnikiem przechodzenia przez samo przewodzenie,

$$\alpha = \frac{\lambda}{d} \phi \left(\frac{d^3 \gamma^2 [T_1 - T_2]}{\eta^2 T_2} \right)$$

wykazując, że współczynnik przechodzenia zależy bardzo silnie od przewodnictwa ścianki ($\lambda_{s,e}$), gazu (λ), lepkości (η), ciężaru właściwego (γ), temperatur gazu (T_1), ścianki (T_2) oraz kształtu powierzchni styku (średnica rury d).

Wzorami tymi wyjaśnia Nusselt niezgodności dotychczasowych pomiarów, to zn. pomiarów na bombach Wirtza, Le Chateliera i Mallarda, Petavela, Davida i innych, oraz pomiarów bezpośrednich na motorach Meyera i Clerka, rachunków Wacha i t. d., które opierały się na założeniu, że współczynnik przechodzenia jest stały względnie zależy tylko od temperatury. Nusselt przeprowadził bardzo obszerne badania nad tem zagadnieniem (38) na dwu bombach kulistych, a z wyników pomiarów wyprowadził doświadczalny, ale oparty na podstawach teoretycznych wzór:

$$\alpha = 0,0178 T \gamma^{1/3} = 0,99 \sqrt[3]{T p^2} \text{ kal/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C. godz.}$$

Z wzoru tego widać doskonale, dlaczego współczynniki wyznaczane przy pomiarach kotłowych były stałe lub zmienne tylko z temperaturą: medjum grzejące znajdowało się tam w stanie prawie stałego ciśnienia. W bombie czy też motorze stan medjum jest bezustannie zmienny, co automatycznie po- ciąga za sobą zmienność współczynnika α_1 .

Jest jeszcze jeden czynnik, który wpływa wybitnie na przechodzenie ciepła, a kryjąc się w każdym spalaniu psuje czystość zjawiska: jestto konwekcja. I to konwekcja z dwu przyczyn: raz, uwarunkowana tylko różnicami temperatur i wyporem warstw lżejszych, oraz falami podłużnymi zagęszczeń kompresyjnych, jak to wyraźnie widać na rurach w postaci t. zw. mouvement vibratoire plômiénia, (por. 31). drugi raz dodatkowym ruchem ładunku, spowodowanym przepływem przez szczeliny wentyla ssącego, dalej ruchem tłoka oraz ewentualnym wstrzykiem paliwa z powietrzem lub bez.

Punktem wyjścia w dostosowaniu praw konwekcji do obliczania współczynnika przechodzenia były znowu pomiary na kotłach i rurach, gdzie stwierdzono, że współczynnik przechodzenia jest jakąś funkcją prędkości przepływu medjum w .

$$\alpha = a + b \cdot f(w),$$

a i b są wielkościami stałymi.

Pierwszą formą, ustaloną jeszcze przez Fuchsa było przyjęcie ilości ciepła przepływającego proporcjonalnie do prędkości przepływu gazów wzdłuż ścianek: $\alpha = a(1 + cw)$, później zmieniono ją na $\alpha = a(1 + d\sqrt{w})$ i w tej formie zastosowano po raz pierwszy do cylindrów maszyn: Löffler-Riedler: $\alpha = 2(1 + 5\sqrt{w})$, Rehffuss (46): $\alpha = 12,5 p^{0,7} (1 + \sqrt{w})$. W czasach nowszych: Neumann (41)

$$\alpha = \frac{18,66}{d^{0,16} L^{0,054}} \left(\frac{w c_p}{\lambda} \right)^{0,786}$$

według wzoru podanego przez Nusselta (35) i ostatnio Eichelberg według teorii przepływu cieczy rzeczywistych:

$$\alpha_1 = 0,0065 c_p \cdot v^{3/4}$$

Prędkość przepływu medjum „ w ” była łatwa do wyznaczenia przy rurach czy też ściankach płaskich. Ale co należy uważać za „ w ” w cylindrze, przy warunkach ruchu gazów tak nieuporządkowanych, że żadna teoria nie zdoła ich uchwycić? Dobierano więc „ w ” tak, by pozostać w zgodzie z ilością ciepła, odbieraną przez wodę chłodzącą. Otrzymywano na „ w ” jakies

wartości średnie, zastępcze, ale równocześnie zupełnie iluzoryczne: tak n. p. Riedler przyjmuje „ w ” = 100 m/sek, Eichelberg = 40 m/sek. Są to tylko wartości prawdopodobne, oparte conajwyżej na kilku przypadkach praktycznych, nie dające jednak zastosować się ogólnie do wszystkich typów silników.

Lepszą jest moim zdaniem metoda podana przez Nusselta (38): wyniki pomiarów na bombach zaopatrzyć współczynnikiem wziętym wprost z pomiarów na motorach, współczynnikiem, któryby dał się związać z wielkością łatwą do określenia dla każdego silnika. Jako wielkość tę przyjmuje Nusselt średnią chyżość tłoka (c_m), a cały współczynnik wyznacza z pomiarów Clerka na $(1 + 1,24 c_m)$.

Wzór Nusselta, brzmiący w całości:

$$\alpha \text{ przew} = 0,99 \sqrt[3]{p^2 T (1 + 1,24 c_m)} \text{ kal/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C. godz}$$

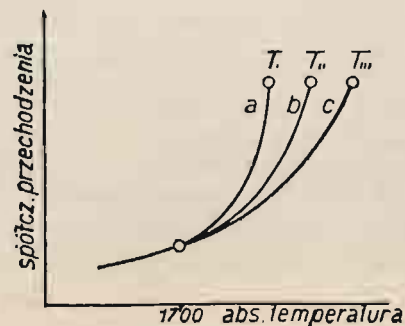
jest ostatnim i najpewniejszym też wzorem, jaki ukazał się w literaturze. Nusselt przypisuje mu obszerną stosowalność: do motorów gazowych, silników Diesel'a, a nawet do maszyn parowych, na parę silnie przegrzaną. Wydaje mi się to niezupełnie słuszne. N. p. dla sprężanego powietrza wzór przeliczony z wzoru Nusselta posiada współczynnik nie 0,99, ale 1,535. Różnica wynosi 60%, jest więc dosyć znaczna. Dla innych gazów współczynnik prawdopodobnie będzie posiadał wartość znowu inną.

Niestety, nie mamy jeszcze pomiarów dla innych motorów, któreby pozwoliły na kontrolę i poprawienie wzoru Nusselta. Analogiczne badania Junkersa zostały opublikowane w formie tak skąpej, że nic z nich wyczytać nie można. Do badań Neumann'a zakradł się błąd¹⁾, który mimo częściowych późniejszych poprawek (por. 38), czyni ich wartość problematyczną.

Zupełny jest brak współczynnika dla maszyn parowych, sprężarek powietrznych, motorów wybuchowych, wstrzykowych, z łbicą żarową, oraz dla sprężarek chłodniczych²⁾. Pole do dalszych badań w tym kierunku jest bardzo jeszcze rozległe.

c) Trzecim czynnikiem, występującym przy chłodzeniu się gazów, którego działanie jest naprawdę dopiero ledwo nadszkicowane, jest t. zw. wyraz czasowy Nusselta. Istnienie jego zostało stwierdzone pomiarami na bombach w roku 1914 na podstawie następujących zjawisk.

Medjum gazowe chłodzone od pewnej wysokiej temperatury T_I wykazuje zmienność współczynnika α według krzywej „ a ”. To samo medjum, chłodzone od temperatury innej T_{II} , T_{III} wykazuje przebieg według krzywej „ b ”, „ c ” i t. d., przy czym tym samym temperaturom nie odpowiada (powyżej 1700 st. abs.) taki sam współczynnik α (rys. 1).



Rys. 1.

Zjawisko to tłumaczy się następująco:

Dane jest medjum gazowe o początkowym rozkładzie temperatur $T=f(x)$ (rys. 2), dla czasu $\tau=0$. Medjum to jest

¹⁾ Wykres temperatur ścianek i ilości ciepła odprowadzonego wykazuje przebieg zupełnie nieprawdopodobny. Podstawowy współczynnik przechodzenia $\alpha_1 = 10$ około 50 razy za mały.

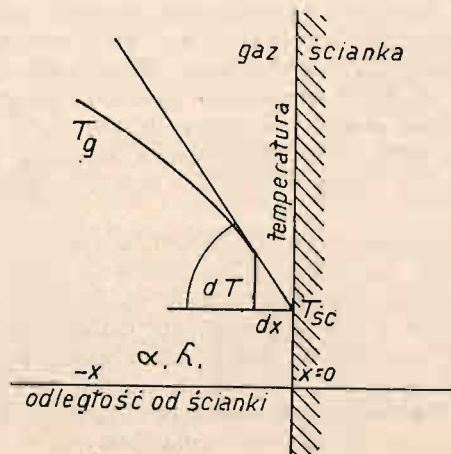
²⁾ Z pomiarów Callendara i Nicholsona można wyliczyć α_1 dla pary nasyconej, kondensującej na ściankach cylindra na około 10.620 kal/m² °C. godz., dla silnika Diesla wyznacza Neumann (42) średni współczynnik α_1 dla całego cylindra przy silniku z wstrzykiem paliwa powietrzem na 321 względnie 175, przy silniku bezkompresyjnym na 150 względnie 92 kal/m² °C. godz. Są to tylko cyfry porównawcze.

ograniczone ścianką płaską o temperaturze T_{sc} . Ilość ciepła, przepływająca przez element powierzchni styku ścianki i gazu df w czasie $d\tau$ wyraża się wzorem:

$$-\lambda \cdot (\text{grad } T)_{x=0} \cdot d\tau \cdot df = \alpha [T_{x=0} - T_{sc}] d\tau df.$$

$$(\text{grad } T)_{x=0} \left(\frac{dT}{dx} \right)_{x=0} = -\frac{\alpha}{\lambda} [T_{x=0} - T_{sc}].$$

W ciągu chłodzenia się gazu wykres temperatur T będzie się zmieniał, a wraz z nim gradient temperatury czyli tangens kąta nachylenia krzywej temperatur gazu do ścianki. Ponieważ λ jest prawie stałe, zmiana ta da się odczuć wyraźnie na współczynniku α , który będzie razem z wykresem temperatur jakąś funkcją czasu. Stan ten będzie trwał aż do ustalenia się równowagi temperatur i powstania umiejscowionego przepływu ciepła (∞ 1700 abs na rys. 2).



Rys. 2.

Wyraz czasowy wystąpi w formie czystej tylko przy zupełnym braku konwekcji, co ma miejsce przy gazach bardzo rozrzedzonych, zwłaszcza, że powstanie wtedy skok temperatur przy samej ściance, silnie wspomagający zmianę gradienta.

Przy bombach i motorach znaczenie wyrazu czasowego jest znacznie mniejsze, pokryte działaniem innych czynników, tak, że z ostatnich pomiarów Nusselta żadnego prawa jego przebiegu wyczytać nie można.

d) Czynnikiem czwartym, wpływającym na odpływ ciepła na ściankę jest promieniowanie.

Znaczenie promieniowania przy chłodzeniu się gazów jest do dziś dnia kwestią sporną. Do niedawna uważano je za dominujące, zwłaszcza przy wyższych temperaturach, dziś okazuje się raczej tendencja przeciwna, przypisująca większą wagę czynnikom innym.

Dyskusję tego zagadnienia uważam za szczególnie ważną.

W każdym układzie, składającym się z masy gazu, zamkniętej w naczyniu o ściankach materialnych (nie gazowych) występuje promieniowanie w trzech formach:

1. promieniowanie gazu na ściankę;

2. promieniowanie ścianki na gaz;
3. wzajemne promieniowanie ścianek na siebie.

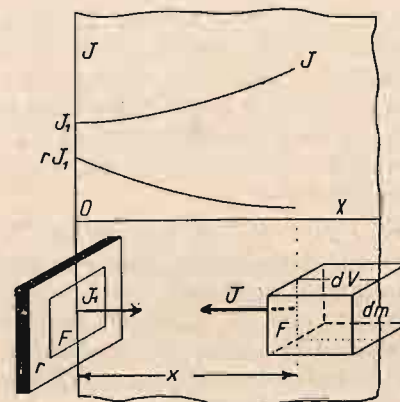
Ostateczna ilość ciepła, odpływająca na zewnątrz i temperatura ścianek jest wypadkową tych przebiegów, wzajemnie znowu ze sobą związanych.

1. Promieniowanie gazu na ściankę.

Element objętości gazu dV o temperaturze T_1 promieniuje z energią E_0 kal/m³. godz. (rys. 3). Na jednostkę powierzchni w kierunku prostopadłym do ścianki (na rys. x) wynosi natężenie promieniowania J_0 kal/m². Energia J_0 zostaje w drodze do ścianki częściowo wyabsorbowana przez warstwę gazu o grubości x . Do ścianki dopływa więc tylko energia J_1 , przyczem J_0 i J_1 są związane równaniem

$$J_1 = J_0 \cdot e^{-ax}.$$

Spółczynnik „ a ” nazywa się współczynnikiem absorpcji gazu, stosunek $A = \frac{J_0 - J_1}{J_0} = 1 - e^{-ax}$ zdolnością absorbcyjną warstwy gazu o grubości x .



Rys. 3.

Ilość energii promienistej, która dochodzi do ścianki, będzie więc zależała od trzech wielkości: a) energii wypromienianej E_0 , b) współczynnika absorpcji a , c) wymiarów i kształtu naczynia (x).

a) Miernikiem według którego określa się promieniowanie ciała, jest ciało doskonale czarne, dające widmo ciągłe o energii całkowitej określonej wzorem:

$$E_0 = \int_0^{\infty} e_2 d\lambda = C \left(\frac{T_1}{100} \right)^4,$$

przyczem e_2 czyli energię wypromieniowaną w długości fali λ podaje wzór Plancka

$$e_2 = \frac{3,12}{10^6 \cdot \lambda^5 (e^{\frac{0,01436}{T_1 \lambda}} - 1)}$$

(C. d. n.)

Inż. Tadeusz Urbański, Łaziska Górne.

Stacje doświadczalne do badań materiałów wybuchowych górniczych.

Jeszcze w 80-tych latach zeszłego stulecia nie znano w górnictwie innych materiałów wybuchowych prócz prochu czarnego i dynamitu. Stosowanie obu tych materiałów było połączone z dużym niebezpieczeństwem, gdyż małe nawet ładunki spowodować mogły eksplozję metanu w tych kopalniach, w których gaz ten występował¹⁾, lub zawieszony w powietrzu pyłu węglowego.

Taki stan rzeczy nie mógł oczywiście trwać długo i postęp zaznaczył się w tem, że powstały nowe materiały wybu-

chowe, które mogły mieć zastosowanie w kopalniach, niebezpiecznych ze względu na obecność metanu. Oczywiście w związku z tem należało opracować warunki, jakim powinny odpowiadać materiały wybuchowe, wykonać cały szereg prób, któreby mogły dać gwarancję zakwalifikowania badanego materiału do kategorii bezpiecznych. Powstały więc we wszystkich zainteresowanych tą sprawą państwach komisje do zwalczania niebezpieczeństwa pyłu węglowego, które zajmowały się opracowaniem metod badań stopnia bezpieczeństwa strzeliwa²⁾. Trzeba było stworzyć w doświadczeniu warunki możliwie zbliżone do

¹⁾ Domieszka 5 — 14% metanu w powietrzu eksploduje szczególnie łatwo, ale i mniejsze ilości metanu mogą w pewnych warunkach wybuchnąć.

²⁾ Sądzę, że termin ten może być użyty bez skrępowań. Posiada on tyle samo racji, co i wyraz paliwo.

warunków w kopalni — stąd powstały t. zw. „chodniki doświadczalne“ (Versuchsstrecke, Galerie d'experience), których opis będzie podany niżej.

Długo czas sądzono, że eksplozja może zajść tylko w obecności metanu. W następstwie tej eksplozji może zapalić się pył węglowy i spotęgować katastrofę.

Tak mniemano aż do 1906 r., kiedy to 10. marca nastąpiła straszna katastrofa górnicza — wybuch w kopalni Courrière. Pochłonęła ona ogromną liczbę ofiar — 1.100 ludzi. Kopalnia w Courrière była uważana za jedną z najbezpieczniejszych; nie miała nawet śladów metanu. Górnictwo i chemja górnicza stanęła przed nowym zagadnieniem — trzeba było wyjaśnić przyczynę eksplozji. Szereg w tym celu przeprowadzonych badań wykazał, że pył węglowy zawieszony w powietrzu może również eksplodować, przyczem zawsze, gdy eksplozja obejmuje w kopalni większą przestrzeń lub nawet całą kopalnię, pył węglowy jest tem środowiskiem, po którym przesuwa się wybuch. Początkowo źródłem katastrofy może być eksplozja umiejscowionego gdzieś metanu, lecz częstokroć zdarza się, że pył węglowy eksploduje, pomimo że metanu wcale w kopalni nie ma.

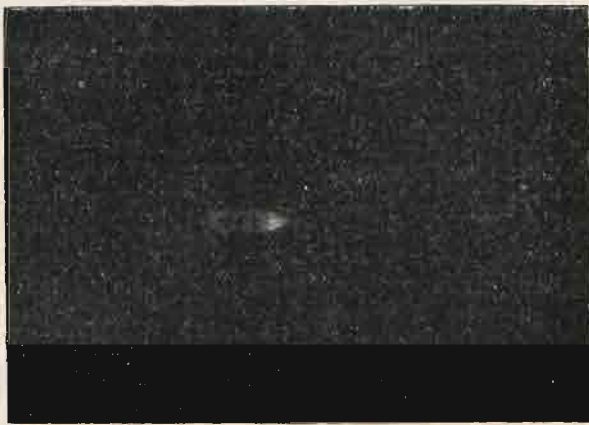


Fig. 1.

Mechanizm takiego wybuchu tłumaczy się w ten sposób, że drobne cząstki węgla zawieszane w powietrzu absorbują na powierzchni swej duże ilości tlenu, który pod wpływem wysokiej temperatury łączy się gwałtownie z węglem, dając wszelkie zjawiska wybuchu. Taki wybuch może nastąpić z każdym innym pyłem palnym (mąka, cukrem, likopodjum, nawet pyłem metalicznego glinu, żelaza i t. p.). Pył węgla kamiennego jest bardziej niebezpieczny wskutek obecności w węglu substancyj gazowych, złożonych z palnych węglowodorów. W chwili obecnej studja nad pyłem węglowym powinny opierać się na zdobyciach chemji koloidów. Z tego punktu widzenia odróżniamy większe cząstki węgla łatwo opadające na dół i drobniejsze, które pozostają zawieszane w powietrzu. Te ostatnie tworzą układ dyspersoidalny, analogiczny do roztworu koloidalnego — aerosol — do którego oczywiście są zastosowalne wszelkie prawa chemji koloidów.

Jak zaznaczaliśmy, proch czarny i dynamit należą do tych strzeliw, któremi praca jest najbardziej niebezpieczna. Przyczyna leży w tem, że proch czarny daje przy wybuchu płomień długotrwały i o dużych wymiarach. Czynniki te są wystarczające, aby pył węglowy zapalił się. Możliwe to jest przedewszystkiem w wypadkach t. zw. „wydmuchów“, t. j. strzałów, przy których przybitka zostaje wysadzona i płomień wybuchu wydostaje się nazewnątrz.

Dynamit zachowuje się zupełnie inaczej. Wybuha on z ogromną prędkością (prędkość fali wybuchowej wynosi 4000—6000 m/sek.), wskutek czego raptownie wydziela się duża ilość gazów, a w następstwie tego zachodzi adyabatyczne sprężanie, temperatura podnosi się do wymiarów wystarczających, aby spowodować eksplozję pyłu węglowego.

Duże znaczenie ma tak samo, czy cała ilość danego materiału wybuchowego wykonała pracę. W wypadku przeła-

dowania otworu strzelniczego nie wszystko ciepło, wydzielające się przy wybuchu, zamienia się w pracę i wskutek tego gazy nie oziębiają się całkowicie lecz posiadają jeszcze pewną często bardzo wysoką temperaturę, wystarczającą do spowodowania eksplozji.

Wszystkie materiały wybuchowe można podzielić na dwie kategorie: bezpiecznych i niebezpiecznych. Na podstawie termi-



Fig. 2.



Fig. 3.

nologii przyjętej przez Wyższy Urząd Górniczy w Katowicach będziemy nazywali pierwsze z nich materiałami wybuchowymi „powietrznymi“, drugie zaś „skalnymi“¹⁾.

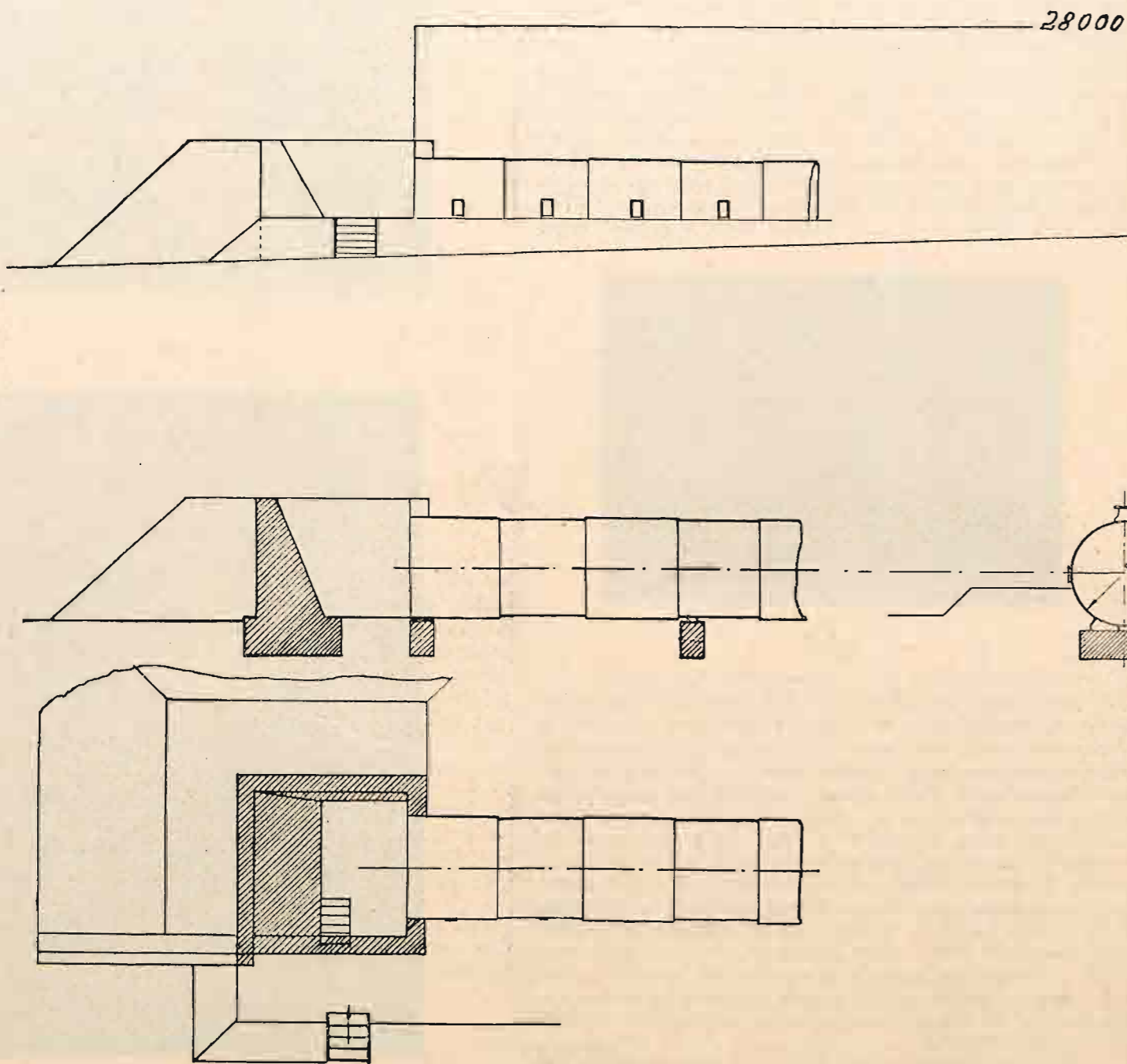
¹⁾ Terminy te tłumaczymy w ten sposób, że są strzeliwa bezpieczne wobec „powietrza“ kopalnianego, co w mowie staropolskiej, która zachowała się wśród górników śląskich, oznacza gaz kopalniany — metan. Strzeliwa nazwane skalnymi są bezpieczne przy użyciu ich do robót w skałach, kamieniu. Analogiczne terminy używane są w górnictwie niemieckiem: „Wettersprengstoff“ (Schlagwetter-metan), „Gesteinssprengstoff“.

We Francji materiały wybuchowe powietrzne nazywane są „Explosifs de sûreté“; w Belgji „explosifs antigrisouteux“ (grisou-metan); w Anglii „permitted explosives“, w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej „permissibles explosives“.

Przy ocenie bezpieczeństwa materiału wybuchowego należy uwzględnić następujące dane:

Temperaturę płomienia wybuchu: im wyższą jest ta temperatura, tem mniej trzeba czasu, aby zapalić mieszaninę metanu z powietrzem. Tak więc według badań Le Chatelliera i Mallarda¹⁾ potrzeba czasu 10 sek., aby mieszanina zapaliła się pod wpływem temperatury 650°, przy temperaturze 1000° wystarcza 1 sekunda, przy 2200° wystarcza ułamek se-

fali wybuchowej, — im większą jest ta prędkość, czyli im krócej trwa wybuch, tem krótszy jest czas trwania płomienia. Istnieje jeszcze pewna kategoria strzeliw, dających zjawisko t. zw. „powtórnego płomienia“; należą do nich te substancje, które w swym składzie chemicznym zawierają niedostateczną do kompletnego spalenia ilość tlenu, wskutek czego tworzące się gazy takie jak wodór, tlenek węgla spalają się w chwili zetknięcia się z tlenem powietrza na pewnej odległości od ogniska wybuchu.



kundy, nie dający się nawet zmierzyć. Autorzy sądzą, że wszelki materiał wybuchowy posiadający temperaturę płomienia wybuchu powyżej 2200° zapala metan. Na podstawie tych danych we Francji są dopuszczone do prac w węglu tylko materiały o temperaturze wybuchu nie wyższej niż 1500°, przy pracy w skale nie wyższej niż 1900°.

Wymiary płomienia odgrywają również dużą rolę. Materiały wybuchowe powietrzne posiadają mały płomień w przeciwieństwie do materiałów wybuchowych skalnych.

Długotrwałość płomienia jest tak samo bardzo ważnym czynnikiem. Idzie ona przeważnie w parze z prędkością

¹⁾ Annales des mines 4, 298 (1888).

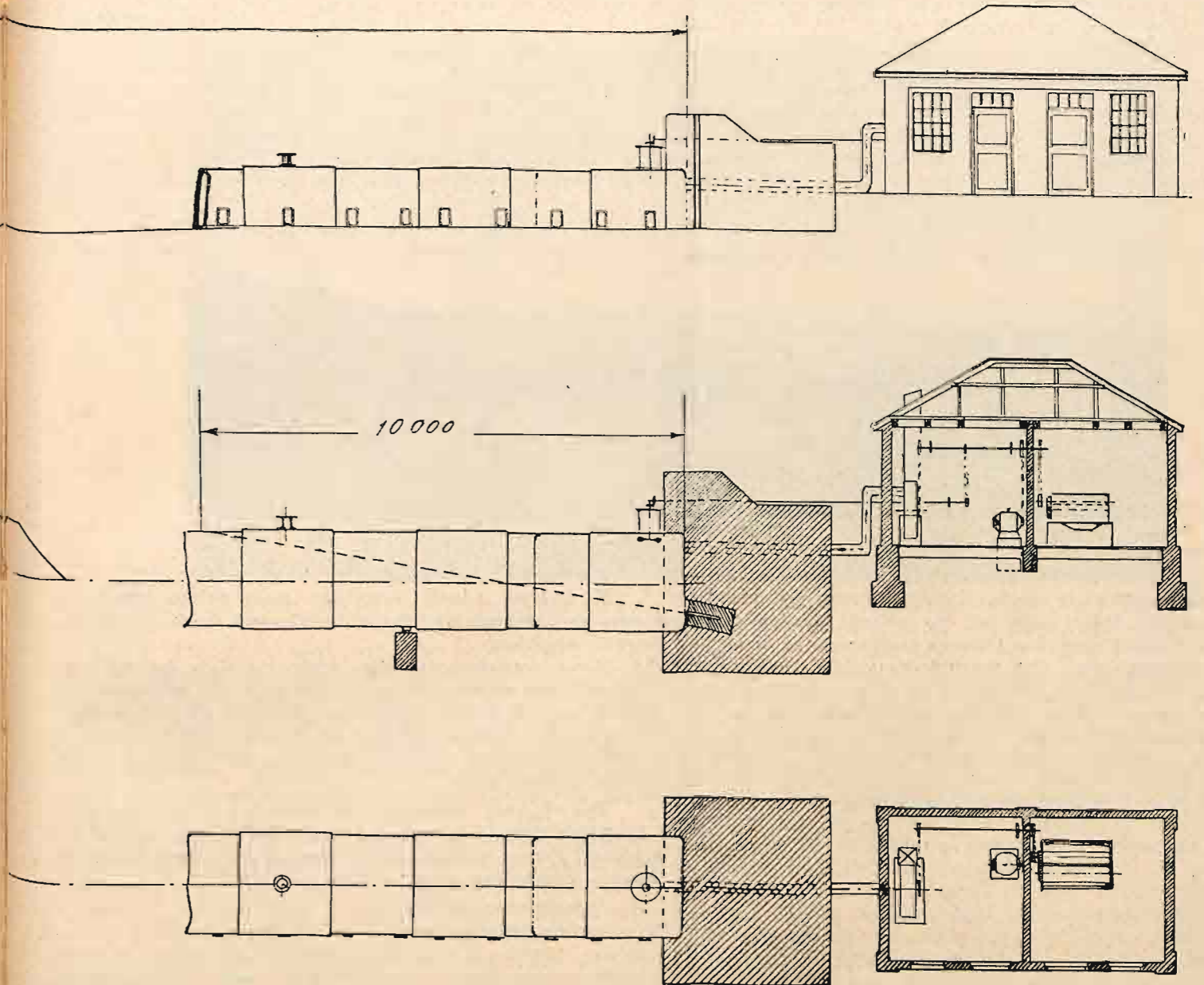
Z załączonych fotografii widzimy płomień materiału wybuchowego powietrznego (fig. 1), skalnego (fig. 2), zjawisko małego powtórnego płomienia (fig. 3).

Czas trwania wybuchu odgrywa dużą rolę w stopniu bezpieczeństwa strzeliwa. Jak wspominaliśmy już wyżej, przy wybuchu bardzo prędkim może nastąpić adyabatyczny proces sprężenia gazów, a w następstwie tego — wybuch metanu. Obniżając więc prędkość fali wybuchowej, osiągamy większe bezpieczeństwo materiału wybuchowego. Poza to przy bardziej gwałtownie działającym strzeliwie łatwiej przeładować otwór strzelniczy, co również może spowodować katastrofę.

Wszystkie własności charakteryzujące strzeliwa powietrzne

osiąga się w ten sposób, że za podstawę ich składu chemicznego bierze się saletrę amonową, do której dodana jest (według przepisów niemieckich i polskich — obowiązkowo) nitrogliceryna; prócz tego nitrozwiązki aromatyczne i wreszcie substancja „bezwładna“, która nie bierze udziału w wybuchu, lecz służy tylko dla zmniejszenia wymiarów płomienia, obniżenia jego temperatury i czasu trwania i jednocześnie, „rozcieńczając“ materiał wybuchowy, obniża jego gwałtowność — prędkość fali

Nowe stulecie zaznaczyło się ogromnym postępem i rozwojem wytwórczości materiałów wybuchowych górniczych; w związku z tym rozwijają się istniejące i powstają nowe stacje doświadczalne, badające urzędowo strzeliwa i prowadzące badania nad zwalczaniem niebezpieczeństwa, wynikającego z prac strzelniczych. Również poszczególne fabryki, konkurując w pracy nad stworzeniem materiałów wybuchowych, możliwie bezpieczniejszych, urządzają w tym celu własne chodniki doświadczalne,



wybuchowej. Taką bezwładną substancją jest zazwyczaj sól kuchenna lub chlorek potasu.

Ani obliczenia temperatury, ani dane doświadczalne: prędkości fali wybuchowej, wielkości płomienia i t. p., nie mogą dać pojęcia o bezpieczeństwie strzeliwa. Niezbędne są badania doświadczalne, które byłyby możliwie zbliżone do pracy w kopalni. Badania takie przeprowadzane są w specjalnych stacjach doświadczalnych, których główną częścią składową jest wspomniany już chodnik doświadczalny.

Pierwszy chodnik doświadczalny powstał w Niemczech w Neukirchen w 1885 r. Wkrótce potem wybudowany był w Anglii w Woolwich. Aż do nowego stulecia były to jedyne stacje doświadczalne.

które pozwalają na systematyczne badania w kierunku produkowania nowych, coraz bardziej do ideału zbliżonych strzeliw.

W Polsce od niedawna istnieje urzędowa stacja doświadczalna; należy ona do Sp. Akc. „Lignoza“ i jest wydzierżawiona przez Związek Przemysłowców Górniczo-Hutniczych Górnego Śląska; mieści się w Pniowcu (w pobliżu Tarnowskich Gór). Stacja ta jest jeszcze w stadium rozwoju i dotychczas próby strzelnicze przeprowadzane były przez delegata Wyższego Urzędu Górniczego w Katowicach głównie w chodniku doświadczalnym Górnośląskich Fabryk materiałów wybuchowych Sp. Akc. w Łaziskach Górnych (pod Mikołowem), oraz w mniejszej części w chodniku doświadczalnym, należącym do Sp. Akc. „Lignoza“ w Krywałdzie.

Wszystkie te stacje doświadczalne wzorowane są na niemieckich.

Chodnik doświadczalny w Łaziskach Górnych (fig. 4) składa się z żelaznej rury zrobionej z blach żelaznych znitowanych. Długość rury wynosi 28 m, średnica 2,2 m. Z jednego końca chodnik ten jest otwarty, z drugiego zamknięty blachą żelazną (jak przodkiem w chodniku kopalnianym). Zamknięty koniec wmurowany jest w blok betonowy wzmocniony dwuteownikami. Aby zwiększyć trwałość i elastyczność chodnika, jest on oparty na fundamentach, ponadto z jednej strony przy-

papier na specjalnie w tym celu umieszczoną tam drewnianą obręcz. W komorze utrzymuje się temperaturę 25—30° zapomocą kaloryferów (na rysunku nie pokazanych).

Metan wstępuje z gazomierza przez zegar gazowy do komory strzelniczej i tam miesza się z powietrzem zapomocą śmigieł. Wpuszcza się go do zawartości 8—9%.

Strzał wykonuje jeden z obserwatorów maszynką elektryczną. Wszyscy obserwatorzy robią spostrzeżenia nad skutkiem strzału. W razie eksplozji metanu lub pyłu węglowego w okienkach widać płomień (fig. 5).

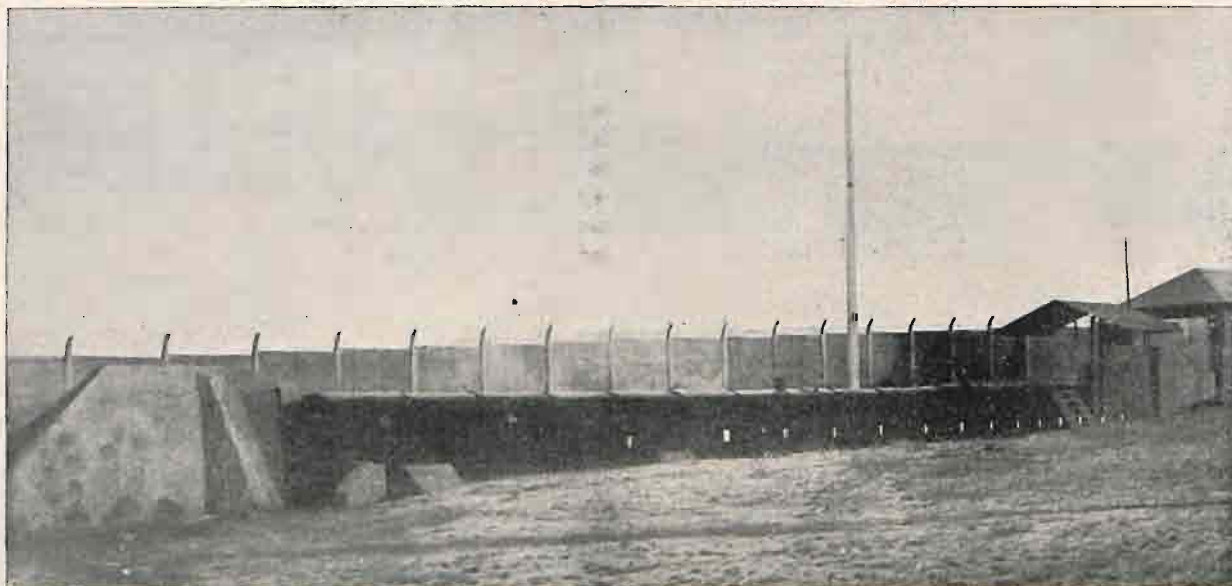


Fig. 5.

sypany prawie całkowicie ziemią. Z drugiej strony jest również zrobiony nasyp, który sięga aż po okienka obserwacyjne, umieszczone wzdłuż chodnika. Okienka zaopatrzone są w szyby szklane grubości 25 m/m. Aby tłumić huk strzałów i zmniejszyć ciśnienie powietrza, które działałoby na zabudowania, znajdujące się na wprost wylotu chodnika, miejsce to zagrodzone jest grubym wałem betonowym. Wewnątrz chodnika znajduje się wmurowany w beton moździerz stalowy o średnicy zewnętrznej

Po każdym strzale wentylator ssący wciąga świeże powietrze do chodnika tak, że po 10 minutach można ponownie ładować moździerz.

Metan potrzebny do badań otrzymuje się z gazowni produkującej gaz olejowy, który oczyszczany jest następnie od ciężkich węglowodorów, dwutlenku i tlenku węgla oraz wodoru. W ten sposób powstaje czysty metan. Ogólny układ zabudowań stacji doświadczalnej widoczny jest z załączonego planu i fotografii (fig. 6 i 7).

Pył węglowy wytwarza się zapomocą młyna kulowego i następnie przesiewa przez sito Nr. 56. Węgiel brany jest z kopalni Emma, posiadającej ze wszystkich kopalń polskiego Górnego Śląska najtłustszy koksujący węgiel.

Jego skład chemiczny:

wydajność koksu . . .	66,6%
gazu	33,4%

Zawartość popiołu wynosi 5,7%, wody hygroskopijnej 2,5%.

Przechodząc do opisu badań przeprowadzanych w tym chodniku, zauważyć trzeba, że są one narazie prawie całkowicie wzorowane na przepisach niemieckich. Badania bywają dwójakiego rodzaju: badania materiałów wybuchowych i badania węgla. W obu wypadkach używane są naboje 100 gr o średnicy 35 m/m¹). Do odpalania służy zapalnik elektryczny ze splonką Nr. 8.

Badanie materiałów wybuchowych składa się: a) z próby wobec metanu zawartego w ilości 8—9% w komorze strzelniczej, przyczem 5 strzałów następujących po sobie nie powinny dawać zapalenia mieszaniny gazowej. Wówczas dany ładunek uważany jest za bezpieczny wobec metanu. Jeżeli jeden ze

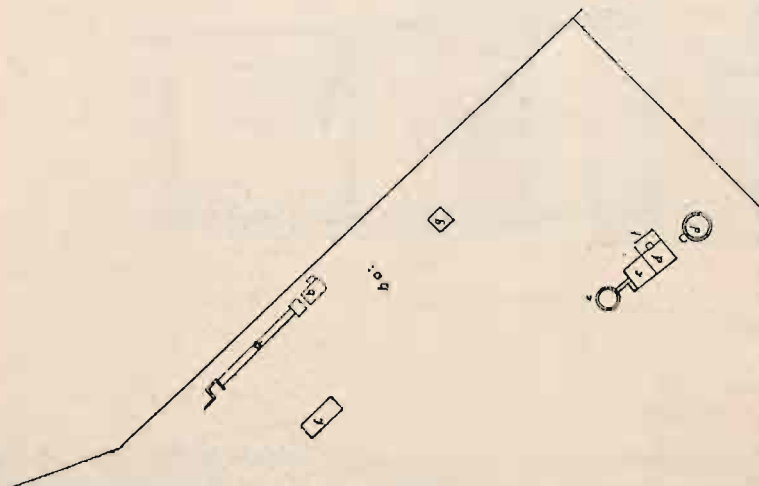


Fig. 6.

490 m/m, wewnętrznej 55 m/m, długości 840 m/m, głębokości wydrążenia 600 m/m. Moździerz jest pochylony w górę w ten sposób, że oś jego przecina strop chodnika w odległości 10 m od przodka. W stropie zrobione są 2 luźno zamykane drewnianymi zatyczkami wyloty, grające rolę zaworów bezpieczeństwa.

Przy strzelaniu wobec metanu, wpuszcza się ten ostatni do komory strzelniczej (o pojemności ściśle 10 m³), utworzonej w ten sposób, że w odległości 2,7 m od przodka nakleja się

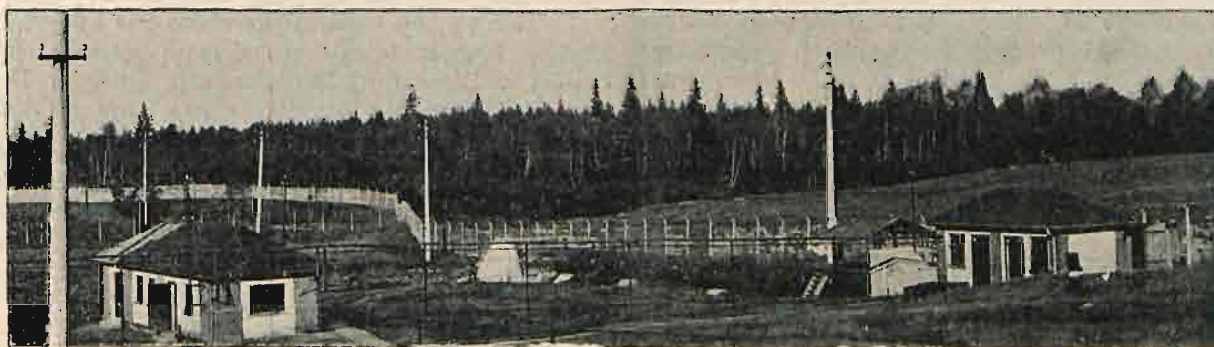
¹⁾ Średnica naboje jest ściśle dostosowana do średnicy wydrążenia moździerza. Jak wykazały badania Beylinga, im większa jest średnica wydrążenia, tem większe niebezpieczeństwo przy tej samej średnicy naboje, gdyż gazy powychowowe chłodzą się słabiej. Naprzykład, gdy przy nabojach średnicy 35 m/m i kalibrze moździerza 38 m/m max. ładunek wynosi 1000 gr., przy tych samych nabojach i kalibrze moździerza 41 m/m max. ładunek obniża się do 735 gr.

strzałów da zapalenie gazu — ładunek obniża się. Największy ładunek niezapalający (5-ciokrotnie) metanu nazywa się maksymalnym ładunkiem bezpiecznym danego strzeliwa;

b) z próby z pyłem węglowym, który w ilości 7 litrów posypuje się wzdłuż chodnika, a w ilości 3 litrów na obracający się wiatrak, który podtrzymuje pył w powietrzu. Trzy strzały następują jeden po drugim, a po każdym strzale posypuje się wzdłuż chodnika nowe 7 litrów, z góry zaś 3 litry pyłu. Żaden ze strzałów nie powinien spowodować zapalenia się węgla.

Analogiczne próby służą do badania węgla na jego wrażliwość i łatwość eksplozji. Różnica polega na tem, że strzela się materiałem wybuchowym o własnościach strzeliwa wybitnie skalnego (np. jednym z amonitów) i oznacza minimalny ładunek, jaki już wystarcza, aby spowodować eksplozję pyłu węglowego. Mając szereg liczb oznaczających ten ładunek, można mieć pojęcie o względnej wrażliwości węgla z różnych kopalni i pokładów.

Wszelkie próby strzelnicze wykonywane w chodniku doświadczalnym zapisywane są według załączonego wzoru (str. 366).



Rys. 6.

Jak widać z opisu doświadczeń, warunki takiego strzelania są znacznie cięższe, niż je mamy w kopalni. Tak więc, otwór strzelniczy jest krótki i strzały oddawane są bez przybitki, wskutek czego płomień wydostaje się z otworu strzelniczego nazewnątrz; materiał wybuchowy nie wykonywa żadnej pracy, przez co gazy powybuchowe nie chłodzą się prawie zupełnie.

Uwzględnienie tych okoliczności pozwala pruskiemu ministerstwu przemysłu i handlu rozporządzeniem z 21. października 1910 r. na dopuszczenie do użycia w kopalniach ładunku o 50% większego, niż był użyty w chodniku doświadczalnym, przy czym w doświadczeniu musi być użyte najmniej 250 gramów, długość otworu strzelniczego w kopalni musi być dwa razy większa niż wydrążenie w moździerzu, średnica nie większa niż 40 m/m.

Nasze władze są bardziej ostrożne, dopuszczając tylko takie ilości ładunku, jakie były użyte przy badaniu doświadczalnym.

Wskutek tego porównując listę pruską ogłoszoną 25. stycznia 1923 r. z naszą listą ogłoszoną w „Gazecie Urzędowej Województwa Śląskiego“ 24. listopada 1923 r. widzimy, że w pierwszej z nich podane są największe ładunki 800 gramów nawet dla tych samych materiałów wybuchowych, które u nas dopuszczone są w ilości 500 gramów.

Przy dopuszczaniu materiału wybuchowego do użycia w kopalni, niezbędne jest również zbadanie niektórych danych charakteryzujących strzeliwo. Do nich więc należy: oznaczenie przenoszenia wybuchu, zdolności do detonacji, poszerzenia w bloku Trauzla, prędkości fali wybuchowej.

Oznaczenie przenoszenia wybuchu. Nabój 100 gramowy o średnicy 30 m/m doprowadzony do wybuchu zapomocą spłonki Nr. 8 powinien wywołać całkowity wybuch drugiego takiego samego naboju, ułożonego w pewnej odległości od pierwszego w ten sposób, że osie obu naboju leżą na jednej

i tej samej linii prostej. Oznacza się największą odległość, przy której drugi nabój całkowicie wybuchnie. Strzeliwa posiadające dużą odległość przenoszenia wybuchu dają większą gwarancję, że nie będzie nieprzyjemnych, a często i niebezpiecznych wypadków pozostawiania naboju w otworze strzelniczym bez wybuchu.

Zdolność do detonacji oznacza się przez określenie, z jakim numerem spłonki (zaczynając od najsłabszej Nr. 1) nastąpi całkowity wybuch trzech 75-ciogramowych naboju, średnicy 23 lub 25 m/m uszeregowanych bezpośrednio jeden za drugim w taki sam sposób jak i przy oznaczaniu przenoszenia wybuchu.

Znaczenie tej metody polega na tem, że określa się siłę (względna oczywiście) inicjującego impulsu, potrzebnego do wywołania w materiale wybuchowym detonacji o takiej prędkości fali, że potrafi przenieść się na cały szereg naboju, ułożonych za nabojem zapalowym. Można wtedy mieć gwarancję, że w otworze strzelniczym nie zawiedzie strzał spowodowany spłonką nawet o niższym numerze (t. j. spłonką słabszą) niż Nr. 8 w doświadczeniu celowo obieramy naboje o najmniejszej średnicy, —

łatwość wybuchania wzrasta wraz ze wzrostem średnicy, — czyli wybieramy warunki bardziej trudne.

Badania poszerzenia w bloku Trauzla. Blok ołowiany Trauzla jest walcem z ołowiu miękkiego o wymiarach: wysokość 20 cm, średnica 20 cm. Wzdłuż osi walca znajduje się wydrążenie głębokości 12,5 cm, średnicy 2,5 cm. Do otworu tego wkłada się 10-ciogramowy ładunek badanego strzeliwa ze spłonką Nr. 8 i lontem, przysypuje piaskiem jak przybitką i strzela. Przy wybuchu następuje rozszerzenie się wydrążenia; poszerzenie to mierzy się przez wlewianie wody z cylindra miarowego. Metoda ta jest najbardziej rozpowszechnionym na kontynencie sposobem mierzenia „siły“ strzeliwa. Ścisłej mówiąc mierzy się tu „siłę rozsuwającą“¹⁾, t. j. stopień działania materiału wybuchowego w kierunku utworzenia w pokładzie węglowym spękań, nie zaś druzgotania i kruszenia go. Poszerzenie w bloku Trauzla jest wielkością proporcjonalną do ciśnienia gazów tworzących się przy wybuchu.

Badanie powyższe może dać tylko przybliżone pojęcie o gwałtowności materiału wybuchowego, a wiemy, że silny stopień gwałtowności jest czasem decydującym czynnikiem powodującym eksplozję metanu. Dlatego też niezbędne jest badanie prędkości fali wybuchowej. Podnieść należy, że pod tym względem wyprzedziliśmy przepisy niemieckie, które jeszcze nie wymagają tego badania. Do oznaczenia prędkości fali wybuchowej, t. j. prędkości, z jaką rozkład materiału wybuchowego przesuwa się z jednego końca naboju na drugi, stosuje się znaną metodę Dautriche'a. Częścią główną w tym sposobie jest lont detonujący, t. j. rurka ołowiana napełniona trotylem. Wybuch posuwa się wzdłuż lontu z prędkością ściśle określoną (podawaną przez fabrykę wyrabiającą lont) wynoszącą 5000—6000 m/sek.

¹⁾ T. Urbański: „Ocena materiałów wybuchowych“, „Przegląd Górniczo-Hutniczy“. 1925 r. Nr. 9.

Fig. 8. *a* — przestrzeń wypełniona badanym materiałem wybuchowym, *AB* — lont detonujący długości 1 m, *C* — środek lontu położonego na płycie ołowianej *P*, *D* — miejsce spotkania fal wybuchowych idących z *A* i z *B* w kierunkach przeciwnych,

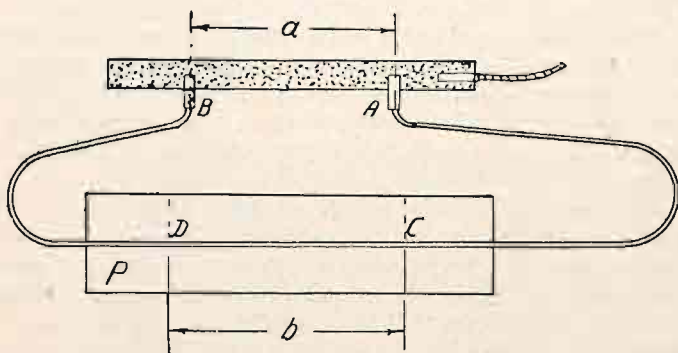


Fig. 8.

b — odległość między środkiem lontu a punktem spotkania (uwidocznionym wyraźnie na płycie pod postacią wgłębienia z jednej, a wydęcia z odwrotnej strony). Oznaczając przez V_x poszukiwaną prędkość, przez V_l prędkość detonacji lontu, znajdujemy

$$V_x = \frac{V_l \cdot a^2}{2 \cdot b}$$

rokość 1,35 m, długość 34 m. Zrobiony jest z desek drewnianych wzmocnionych obręczami z żelaza dwuteowego. W bloku betonowym znajdują się dwa moździerz o głębokości wydrążenia 460 m/m i średnicy 55 m/m. Komora wybuchowa, którą zakleja się papierem, ma pojemność równo 10 m³. Wzdłuż chodnika umieszczonych jest 15 okienek. Metan brany jest z kopalni, z pokładu, w którym się wydziela.

Metody badania nie różnią się zasadniczo od opisanych już metod stosowanych w Polsce. Przeszły one jednak ewolucję. Tak więc do 1908 r. nie strzelano wobec samego metanu lub samego pyłu węglowego, lecz zawsze do mieszaniny gazowej dodawano 2 litry pyłu węglowego.

Z chwilą gdy badania Beylinga wykazały, że mieszanina metanu i pyłu węglowego jest bezpieczniejsza niż sam metan, zaczęto stosowanie prób oddzielnie wobec metanu i wobec węgla.

Doświadczenia wykazały, że 2 litry pyłu węglowego w komorze strzelniczej wystarczają, aby spowodować eksplozję. Ilość tę wprowadzano też do komory, zaklejonej papierem a wzdłuż chodnika posypywano 10 litrów pyłu. Po każdym strzale chodnik wymiatano, komorę zaś zaklejało. Pięć strzałów następujących po sobie nie powinno sprawić eksplozji pyłu.

Taki sposób badania stosowany jest i po dziś dzień w Neukirchen, również w największej (z niemieckich) stacji doświadczalnej w Derne (pod Dortmundem). Stacja w Bytomiu używa sposobu, który jest przyjęty u nas i był już opisany poprze-

Wyciąg z listy strzelniczej stacji doświadczalnej N. N., dotyczący prób strzelniczych z materiałem wybuchowym.

Data	Kolejny nr. strzału	Materiał wybuchowy		Układ naboju w moździerzu	Nr. spłonki	Domieszka metanu w %	Pył węglowy			Temperatura w chodniku C°	Wynik prób Z = zapalenie NZ = niema zapalenia	U w a g i	
		nazwa	ładunek w gr				średnica naboju m/m	pochozenie	posypano l				powirowano l
	1	Skład chemiczny	600	35	1+1+1+1+1+1	8	8-9	—	—	—	25	Z	Poszerzenie w bloku Trauzla = 230 cm ³ . Przenoszenie wybuchu = 5 cm. Zdolność do detonacji = Nr. 1. Prędkość fali wybuchowej = 1800 m/sek.
	2		550	35	1+1+1+1+1+1+ $\frac{1}{2}$	8	8-9	—	—	—	25	NZ	
	3		550	35	1+1+1+1+1+1+ $\frac{1}{2}$	8	8-9	—	—	—	25	NZ	
	4		550	35	1+1+1+1+1+1+ $\frac{1}{2}$	8	8-9	—	—	—	26	Z	
	5		500	35	1+1+1+1+1	8	8-9	—	—	—	26	NZ	
	6		500	35	1+1+1+1+1	8	8-9	—	—	—	26	NZ	
	7		500	35	1+1+1+1+1	8	8-9	—	—	—	26	NZ	
	8		500	35	1+1+1+1+1	8	8-9	—	—	—	26	NZ	
	9		500	35	1+1+1+1+1	8	8-9	—	—	—	27	NZ	
	10		600	35	1+1+1+1+1+1	8	8-9	Z kopalni N. N.	7	3	28	NZ	
	11		600	35	1+1+1+1+1+1	8	8-9	pokład ...	17	3	28	NZ	
	12		600	35	1+1+1+1+1+1	8	8-9		27	3	28	NZ	

Moździerz ma średnicę 55 m/m. Strzały oddane bez przybitki. Przekrój poprzeczny chodnika 3,595 m².

Przechodząc do badań materiałów wybuchowych zagranicą, zatrzymamy się przede wszystkim na ojczyźnie chodników doświadczalnych, na Niemczech. Najstarszy z istniejących chodnik doświadczalny w Neukirchen nie różni się w zasadzie od opisanego już chodnika w Łaziskach. Posiada on eliptyczny przekrój o powierzchni 2 m². Wysokość chodnika 1,85 m, sze-

dnio (przy opisie stacji w Łaziskach). Od roku 1924 w Niemczech wprowadzono pewną zmianę: o ile pierwsze 3 strzały z pyłem węglowym nie dadzą zapalenia, wykonywa się jeszcze szereg strzałów, wsypując pył węglowy do wydrążenia w moździerzu. Robi się w celu zbliżenia warunków do tego co mamy w kopalni. Rozpoczyna się od wsypania 50 gramów pyłu. Następnie (w razie jeżeli ten strzał nie dał eksplozji) wsypuje się 75 gramów, dalej 100 gramów i ostatecznie 150 gramów.

Z pozostałych badań obowiązuje w Niemczech oznaczanie przenoszenia wybuchu, zdolności do detonacji i próba w bloku Trauzla. Do niedawna obowiązywała tylko ta ostatnia.

W nowej (od 1913 r. uruchomionej) stacji doświadczalnej w Derne wybudowane są 3 chodniki doświadczalne.

(Dok. nast.).

¹⁾ Na stacji doświadczalnej w Łaziskach Górnych były prowadzone prócz tego oficjalne badania materiałów wybuchowych na przewóz (w obecności delegata Wyższego Urzędu Górniczego). Badania te prowadzone są narazie według przepisów niemieckich (Zentralblatt für das Deutsche Reich, 1909, Nr. 14) i składają się z badania wrażliwości strzeliwa na uderzenie, tarcie, wilgoć, zachowanie się wobec wysokiej temperatury, płomienia, silnych i długotrwałych wstrząszeń i t. p.

W sprawie państwowych norm dla naprężeń dopuszczalnych.

(Odczyt wygłoszony w Polskim Towarzystwie Politechnicznym dnia 7. października 1925).

Wstęp.

Współzawodnictwo na polu gospodarzem przedsiębiorców technicznych, lub inżynierów projektujących budowle, zdąża do jaknajwiększej oszczędności materiału. Z dążnością tą idzie w parze podwyższanie wartości naprężeń krańcowych, lub ogólniej, dopuszczalnego wyężenia materiału, co jednakże musi jednocześnie — caeteris paribus — prowadzić do obniżenia stopnia bezpieczeństwa, czyli pewności budowli. Zupełnie tedy zrozumiałem i słusznym jest, że władze państwowe, w interesie społecznym, hamują rozmach śmiałych konstruktorów i wykonawców, ograniczając od góry wysokość wyężenia materiału, przez unormowanie t. zw. naprężeń dopuszczalnych, przynajmniej dla głównych materiałów konstrukcyjnych. Atoli praktykowany dotychczas u nas sposób tego unormowania posiada pewne zasadnicze wady, które pragniemy tutaj wykazać szczegółowo, ażeby uzasadnić sposób bardziej racjonalny i przedstawiający w wielu przypadkach poważne korzyści gospodarcze.

1. Szczegółowość jako pierwsza cecha norm w państwach środkowo-europejskich. Dotychczasowe przepisy wielu państw, normują granicę wyższą naprężeń dopuszczalnych materiału, podając bezwzględną wartość tej granicy. Jest ona, co prawda, różna dla różnych rodzajów konstrukcyj budowlanych, np. inna dla konstrukcyj dachowych, a inna dla mostowych i t. d., jednakże z reguły określa ją pewna liczba kilogramów na centymetr kwadratowy, której przekroczyć nie wolno. (Jakkolwiek rozważania nasze nie będą się ograniczać ani do jakiegoś jednego materiału technicznego, ani też do pewnego tylko działu techniki budowlanej, lecz będą zupełnie ogólne, to jednak będziemy je objaśniać przykładami konkretnymi z różnych dziedzin specjalnych).

Weźmy jako przykład normy naprężeń dopuszczalnego dla żelaza zlewnego w budownictwie lądowym według przepisów ministerjalnych pruskich z r. 1919. Normy te dopuszczają w belkach stropowych, słupach zwykłych i t. p. 1200 kg/cm^2 ciągnięcia lub ciśnienia. O żelazie spawalnym niema już wzmianki w tych przepisach, gdyż tego materiału już się prawie nie używa do konstrukcyj żelaznych. Ale przepisy dawniejsze normowały naprężenie dopuszczalne żelaza spawalnego na 1000 kg/cm^2 , co odpowiadało z grubsza — ale tylko z grubsza — tej samej pewności, co obecnie 1200 kg/cm^2 dla żelaza zlewnego. Atoli postępy metalurgji zdążają szybkim krokiem do „uszlachetnienia“ żelaza konstrukcyjnego. Takie same tendencje zauważyć można także i u cementu, drugiego podstawowego materiału nowoczesnej techniki budowlanej. Przy „uszlachetnieniu“ żelaza pod względem wytrzymałościowym idzie zwykle o zwiększenie wytrzymałości doraźnej, względnie granicy plastyczności, bez obniżenia zdolności materiału do odkształceń trwałych. Próbkki żelaza z tej samej wytwórni dają oczywiście przy badaniu wytrzymałości wyniki liczbowo różne, a ponieważ o pewności materiału przy obranej wartości naprężeń dopuszczalnych decydują właściwie wyniki najgorsze, przeto uszlachetnienie nie polega właściwie ani na otrzymaniu wielkich liczb dla wyższej granicy wytrzymałości próbek, ani też na wysokiej średniej wartości wyników, lecz na uzyskaniu dość wielkiej wytrzymałości próbek najsłabszych przy stosunkowo nieznacznych różnicach wyników skrajnych. Gospodarcza korzyść tego rodzaju uszlachetnienia materiału leży na dłoni, jednakże nie da się praktycznie uzyskać tak długo, dopóki przepisy państwowe nie zezwolą na stosowne podwyższenie norm dla naprężeń dopuszczalnych. Przemysł musi tedy kołatać u rządu o zmianę przepisów, co z natury rzeczy nie prędko skutkuje, a w najlepszym razie pochłania sporo pracy wielu ludzi około sporządzenia nowych „przepisów tymczasowych“, które przychodzą na świat zwykle zapóźno z cechami przedwczesnej starości.

2. Różnorodność wartości naprężeń dopusz-

czalnych jako druga cecha norm w państwach środkowo-europejskich. Drugą rozpowszechnioną wadą normowania naprężeń dopuszczalnych jest wielka liczba różnych wartości, jakie podają przepisy państwowe dla różnych elementów konstrukcyjnych. Przepisuje się inną wartość naprężenia dopuszczalnego dla słupów w budynkach, inną dla belek stropowych, jeszcze inne dla więźarów dachowych, dla podłużnic, poprzecznic i belek głównych mostowych. Wartość naprężenia dopuszczalnego tych ostatnich czyni się zależną od rozpiętości, ale jeszcze z pewnymi ograniczeniami; wartość tę dla innych konstrukcyj ustala się rozmaicie zależnie od sposobu obliczenia i t. p. To wszystko da się wprawdzie umotywić różnymi ważnymi względami jak np. dynamicznym działaniem obciążeń ruchomych na mosty, zależnem od prędkości ruchu, konstrukcji pomostu, stosunku obciążeń ruchomych do obciążenia stałego i t. p.; atoli główny i najważniejszy cel, t. j. zapewnienie bezpieczeństwa projektowanej budowli, da się osiągnąć daleko prościej, racjonalniej i korzystniej w inny sposób. Pozostawiając mianowicie określoną wartość naprężenia dopuszczalnego dla danego materiału, bez względu na konstrukcję w jakiej znalazł zastosowanie, można przepisać mnożenie obciążeń użytkowych stosownymi współczynnikami, uwydatniającymi wszystkie te momenty, które w przepisach dotychczasowych usprawiedliwia się niższe lub wyższe normy naprężeń dopuszczalnych.

Zasadnicza myśl powyższego sposobu nie jest nowa. Już w r. 1859 stosował ją znakomity konstruktor mostów żelaznych J. G. H. Gerber, obliczając przekroje prętów z żelaza spawalnego według wzoru $F = \frac{G + 3P}{1600}$, w którym oznacza G siłę

wewnętrzna wywołana obciążeniem stałym, a P siłę wewnętrzną wywołaną obciążeniem użytkowem, (oczywiście w położeniu najniekorzystniejszym). Nową jest, być może, idea zastosowania ogólnego, do wszelkich konstrukcyj inżyniersko-budowlanych, idea zdążająca do możliwego uproszczenia norm dla naprężeń dopuszczalnych — uproszczenia opartego na zdrowych podstawach naukowych i mającego na oku korzyść gospodarczą.

Wracając teraz do pierwszej wady przepisów dotychczasowych, łatwo zauważyć, że można ją usunąć normując nie liczbowa wartość naprężenia dopuszczalnego danego materiału, lecz wartość stosunku tego naprężenia do (doraźnej) wytrzymałości. Będzie to zawsze ułamek właściwoy, którego odwrotność jest oczywiście niczem innym jak „pewnością“. I ta myśl jest nie nowa, gdyż od dawna stosują ją francuskie normy naprężeń w żelbetnictwie z roku 1906. Normy te przepisują np. 0.28 wytrzymałości kostkowej betonu po 90 dniach jako największą dopuszczalną wartość ciśnienia w betonie, a podobnie „granicy sprężystości“ żelaza, jako największą dopuszczalną wartość naprężeń normalnych w żelazie.

Współpracownictwo podpisanego przy redakcji „Tymczasowych przepisów budowy i utrzymania mostów drogowych“ wydanych w r. 1920 przez nasze Ministerstwo Robót Publicznych, odniosło wprawdzie ten skutek, że polskie normy przepisują podobnie jak francuskie wartość stosunku naprężenia dopuszczalnego do wytrzymałości, ale jednocześnie niweczą korzyści takiego przepisu przez podanie nadto w kg/cm^2 „najwyższej granicy dla naprężeń dopuszczalnych“. Taki sztuczny kompromis dwu myśli podstawowych nawzajem się wykluczających wytworzył normy naprężeń, które nie mogą zadowolnić ani praktyków przyzwyczajonych do norm „szczegółowych“, ani też nie czynią zadość nowoczesnym wymogom naukowym, powyżej uzasadnionym i prowadzącym do norm „ogólnych“, jak je w skróceniu nazywać będziemy. Powstał dziwotwór z janusowem obliczem, który domaga się jak najrychlejszej operacji przez skreślenie „najwyższej granicy naprężeń dopuszczalnych w kg/cm^2 “. Instynkt ostrożności, który zapewne przy-

czynił się do umieszczenia tego zbędnego ograniczenia komplikującego najniepotrzebniej przepisy, łatwo zaspokoić w inny racjonalniejszy sposób, a mianowicie przez obostrzenia co do obowiązkowych prób materiału podczas budowy.

3. Zasady i korzyści norm ogólnych i jednolitych. Reasumując powyższe wywody dochodzimy do wniosku, że normy naprężeń dopuszczalnych należy o ile możności ustalać tak, aby były 1-o ogólne, t. zn. określały tylko stosunek naprężenia dopuszczalnego do wytrzymałości; 2-o jednolite, t. zn. określały ten stosunek jedną liczbą charakterystyczną dla danego rodzaju naprężenia i materiału, bez względu na to, czy z tego materiału ma być zrobiony słup, strop, belka mostowa, sklepienie i t. p. (o pewnych wyjątkach będzie mowa poniżej).

Normy czyniące zadość powyższym wymogom miałyby niezaprzeczenie ważne zalety naukowo-techniczne, a mianowicie:

a) Takie normy, praktycznie biorąc, prawieby się nie starzały i nie stawiały zapory postępowi przemysłu, wytwarzającego, jak wiadomo już obecnie wysokowartościowe żelazo i cement, które to materiały nie znajdują należytego zbytu wskutek ograniczenia normami szczegółowymi, uwzględniającymi tylko zwykle średnie gatunki.

b) Normy ogólne i jednolite nie krępowałyby swobody projektującego konstruktora, który mógłby do różnych części jednej i tej samej budowli stosować rodzaje materiału o różnej wytrzymałości, aby uzyskać konstrukcję gospodarczo jaknajkorzystniejszą.

c) Normy takie odznaczałyby się zwięzłością, prostotą i uniwersalnością, albowiem możnaby je stosować do wszelkich budowli, unikając owego dziwnego rozdźwięku jaki powstaje w wielu państwach na tle odmiennych norm, wydanych przez dwa różne ministerstwa. Zamiast przepisywać inne wartości liczbowe naprężeń dopuszczalnych dla mostów drogowych, a inne dla kolejowych, czyż nie prościej zalecić mnożenie obciążeń ruchomych różnymi współczynnikami? Racjonalny wzrost naprężeń faktycznych z rozpiętością uzyskuje się wtedy niejako automatycznie, gdyż im większa rozpiętość, tem mniejszy jest stosunek obciążenia ruchomego do ciężaru własnego.

Powyższym zaletom norm ogólnych i jednolitych można przeciwstawić tylko pewne drobne zarzuty natury czysto praktycznej jak:

a) Trudność kontroli przez władzę, czy rzeczywiście zastosowano w konstrukcji materiał o wytrzymałości przyjętej za podstawę obliczenia, lub innymi słowy: obawa, czy przez podsuniecie innego materiału nie obniżono stopnia pewności konstrukcji.

b) Wygoda i przyzwyczajenie projektujących techników do bezpośrednich danych liczbowych co do wartości naprężeń dopuszczalnych.

c) Przepisy dające wielką swobodę projektującemu technikowi, stawiają tem samem większe wymogi jego fachowej wiedzy i samodzielności sądu techniczno-naukowego; wykluczają przeto od opracowania projektów siły rutynowane o niższym wykształceniu technicznym.

Z powyższych trzech zarzutów może zaważyć na szali tylko pierwszy. Drugi niema poważnego znaczenia z tego samego powodu, dla którego nie liczone się z przyzwyczajeniem i wygodą przy wprowadzeniu systemu metrycznego lub nowej waluty. Na trzeci wreszcie można odpowiedzieć krótko: „Tem lepiej dla rozwoju i postępu rodzimej techniki“.

4. Konieczne ograniczenia jednolitości norm. Konsekwentna, zupełna „jednolitość“ norm dla naprężeń dopuszczalnych nie prowadziłaby do najlepszego rozwiązania kwestji. Dwa ważne powody zniewalają do odstąpienia od zasadniczej linii „jednolitości“, a mianowicie:

1. Jakkolwiek ciężar własny konstrukcji (wraz z ewentualnym obciążeniem stałym) da się zawsze wyznaczyć z dokładnością, praktycznie biorąc, zupełną, czego nie można powiedzieć o obciążeniu ruchomem (użytkowem), to jednak często mamy do czynienia z konstrukcjami, w których dokładne wyznaczenie naprężeń wywołanych samym tylko ciężarem własnym nie jest możliwe. Naprężenia obliczone w możliwym przybliże-

niu mogą nieraz zbaczać dość znacznie od wartości rzeczywistych, wskutek czego przyjęta w rachunku wartość naprężenia dopuszczalnego prowadzi właściwie do niższego stopnia pewności, od obranego przy założeniu zupełnej dokładności obliczenia. Z tego powodu pewność i naprężenie dopuszczalne czyniono od dawna zależnymi od stopnia dokładności w obliczeniu przewidywanych naprężeń.

Jako przykład przytoczymy wielką stosunkowo dokładność obliczenia naprężeń zginających w belkach statycznie wyznaczalnych, a znacznie mniejszą dokładność obliczenia naprężeń normalnych w prętach ściskanych z powodu wielkiego wpływu takich mimośrodów obciążenia, których wielkość da się ocenić zwykle tylko z grubsza.

2. Tak pomiędzy częściami konstrukcyjnymi jednej budowli jak i pomiędzy poszczególnymi całami budowlami zachodzą często poważne różnice pod względem ważności. W budowlach i częściach konstrukcyjnych bardzo ważnych, możemy słusznie żądać większej pewności, czyli mniejszych naprężeń dopuszczalnych, aniżeli w innych mniej ważnych, lub mających charakter tymczasowy. Stosownie do tego zadowolimy się np. mniejszą pewnością dla części konstrukcji dachowej, aniżeli dla słupów podpierających ścianę główną wielopiętrowego budynku. Podobnież przyjmujemy większe naprężenie bezpieczne przy obliczaniu rusztowania lub innej konstrukcji tymczasowej, a mniejsze przy obliczaniu budowli stałej (z tego samego materiału).

5. Wpływ zmienności obciążeń na obliczenie konstrukcyj inżyniersko-budowlanych. Nie poruszyliśmy dotąd jednej sprawy, którąby zwolennikom krytykowanego sposobu normowania naprężeń dopuszczalnych mogła posłużyć jako bardzo na pozór poważny argument w obronie norm szczegółowych i niejednolitych. Mamy tutaj na myśli obliczenie przekrojów prętów w belkach kratowych, uwzględniające nie tylko granicę wyższą siły wewnętrznej, lecz także granicę niższą (algebraicznie). Niektóre np. pręty kraty mogą być, jak wiadomo ściskane przy działaniu na belkę samego tylko obciążenia stałego, a rozciągane wskutek obciążenia ruchomego (lub odwrotnie). Otóż polegając na doświadczeniach Wöhler'a i innych późniejszych badaczy nad wpływem częstej zmiany obciążenia na wytrzymałość materiału, rozpowszechnili inżynierowie niemieccy znane u nas dobrze metody obliczenia prętów kratownicy, uwzględniające obie skrajne wartości naprężeń przewidywanych. Metody te prowadzą praktycznie do uzależnienia wartości naprężenia dopuszczalnego od stosunku skrajnych wartości sił wewnętrznych i komplikują wielce obliczenie.

Czy jednak ta komplikacja się opłaca? Czy prowadzi istotnie do równej pewności we wszystkich częściach kratownicy i co zatem idzie do korzyści gospodarczej? Mamy bardzo ważne powody do odpowiedzi przeczącej na te pytania, a tem samem do zaliczenia wymienionych metod obliczenia do kategorii pomysłów nieugruntowanych należycie — pomysłów naukowo i praktycznie zbędnych. Badania doświadczalne wykazały wprawdzie fakt, że okresowa zmienność obciążenia obniża z reguły granicę wytrzymałości materiału w porównaniu do wytrzymałości doraźnej, atoli należy przytem zwrócić uwagę na okoliczność, iż w tych badaniach stosowano jako najmniejszą częstość zmian obciążenia 60 na minutę (Wöhler) i powtarzano je bez przerwy aż do pęknięcia. Tymczasem częstość rzeczywistych zmian naprężeń w konstrukcjach inżynierskich jest nie tylko znacznie mniejsza od powyższej, ale nadto nie powtarza się ciągle. Pomiedzy dwoma wahaniami siły wewnętrznej S w jakimś pręcie mostu, powstałymi przy przejeździe pociągu lub wałka parowego wpływają minuty, jeżeli nie godziny, w ciągu których materiał „wypoczywa“. Obniżenie bowiem wytrzymałości wskutek okresowych zmian obciążenia, pojmowane jako zjawisko zmęczenia (znużenia) materiału, da się w istotnej swej części objaśnić t. zw. histerezą sprężystą. Tak nazywany fakt doświadczalny, że nawet przy małych naprężeniach rosnących od zera do pewnej wartości i następnie malejących znowu do zera, linja powrotna wykresu odkształceń nie schodzi się z linią odkształceń rosnących. Obie linje zamykają wazniutkie pole, któ-

rego wielkość mierzy nieodzyskaną część pracy odkształcenia. To pole, zwane polem histerezy, jest, jak się zdaje, tem większe, im krócej trwa odkształcenie. Odpowiadająca mu drobna część pracy zużywa się na rozluźnienie spójności, która przy wielokrotnym nieprzerwanym powtarzaniu procesu, doprowadza (nieraz po wielu milionach wahnien) do pęknięcia. W ten sposób tłumaczy się, że przy wielkiej częstotliwości wahnien (szybkie odkształcenia) wystarczają mniejsze naprężenia krańcowe do pokonania spójności. Jeszcze głębiej wchodzi w istotę zjawiska zmęczenia pogląd, że w każdym cyklu odkształcenia powtarza się kolejno proces dekrystalizacji i rekrytalizacji, podobnie jak to zaobserwowano bezpośrednio na kryształach soli zanurzonych w roztworze nasyconym i kolejno ściskanych i rozciąganych.

To wszystko daje ważne wskazówki praktyczne przy obliczaniu wytrzymałości części maszyn, które rzeczywiście podlegają bardzo częstym, a niustającym przez długi czas zmianom obciążenia. Atoli stosowanie powyższych wyników do budowy inżynierskich jest niedozwoloną extrapolacją, przeciwko której przemawiają nietylko zdrowe poglądy teoretyczne, lecz także bezpośrednie wyniki doświadczeń. I tak np. w r. 1905 (ob. *Zentralbl. d. Bauverw.* z 1/VII) wykonano serję badań na prętach próbnych, wyciętych z różnych części mostu żelaznego rozebranego po półwiekowym użyciu. Badania te wykazały jednakową doraźną wytrzymałość u wszystkich próbek, chociaż materiał jednych nie „pracował“ wcale, drugich był narażony na zmienne ciśnienia, a trzecich na zmienne ciągnięcia w ciągu 50 lat ruchu po moście.

Możnaby przytoczyć jeszcze inne fakty doświadczalne na poparcie tezy, że wnioski z doświadczeń Wöhlera i t. d. nie

mogą mieć zastosowania do elementów konstrukcyjnych budowli, które podlegają naprężeniom, zmieniającym się stosunkowo powoli i tylko rzadko. Zupełnie tedy słusznie ignorują inżynierowie francuscy po dziś dzień te wnioski i oparte na nich wzory inżynierów niemieckich, niepotrzebnie i bezpożytecznie komplikujące obliczenia. Mimo to w ciągu całego niemal półwiekowego okresu, w którym w Niemczech stosowano wzory Winklera, Launhardta i Weyrauch'a, Tetmajera i innych nie było słyhać ani o jednym przypadku stwierdzenia niedostatecznej miejscowej pewności w konstrukcjach mostowych inżynierów francuskich.

Zakończenie. Rozwinąwszy najważniejsze argumenty popierające wyłuszczone powyżej zapatrywania na główne podstawy unormowania naprężeń dopuszczalnych i wykazawszy niedostatki i wady norm „szczegółowych“ i „różnorodnych“ na modłę niemiecką, winniśmy teraz przejść do wniosków konkretnych, t. j. do ułożenia przynajmniej schematycznego projektu norm nowych, wolnych od owych wad. Tę jednakże przekroczyło ramy programu określonego dla niniejszego odczytu. Jego najbliższym celem jest wysondowanie opinii jaknajliczniejszego grona Kolegów-inżynierów, wywołanie ich uwag krytycznych i przygotowanie gruntu pod przyszły projekt ośnośnej reformy, na pozór bardzo radykalnej, ale z wszelką pewnością nie grożącej żadnymi nawet chwilowymi zaburzeniami dla naszego życia gospodarczego, w rodzaju tych, które wywołują reformy społeczno-polityczne. Nasza reforma dobrze w szczegółach opracowana, może tylko przynieść trwałe korzyści dla rodzimej techniki.

Roczne sumy opadu i odpływu w Karpatach środkowych.

W praktyce często zachodzi potrzeba określenia ilości wody, jaka spłynie w ciągu roku z pewnego dorzecza. Zagadnienie takie trafia się niejednokrotnie przy projektowaniu zbiorników i sił wodnych. O ile dorzecze jest dostatecznie nieprzepuszczalne, względnie o ile wody w głąb przesiąkające nie przejdą z danego dorzecza w inne, sąsiednie, roczna suma odpływu równa się rocznej sumie opadu, pomniejszonej o sumę strat wywołanych parowaniem.

Ilość opadu da się oznaczyć na podstawie obserwacji deszczomierzowych. Jeśli teren jest górzysty, sieć musi być dostatecznie gęsta, gdyż, pomijając inne czynniki, suma opadu zależy przede wszystkim od wzniesienia terenu nad poziomem morza. W Karpatach do roku 1919 istniała spora sieć stacyj deszczomierzowych, z których pewna liczba była systematycznie obserwowana od lat kilkudziesięciu. Brakło jednak obserwacji na grzbietach gór i dużych nadmorskich wzniesieniach, wskutek czego suma opadu liczona wyłącznie na podstawie stacyj położonych w nizinach, wypadła mniejsza, niż rzeczywista. Po roku 1919 nowo powstały Państw. Instytut meteorologiczny w najkrótszym czasie doszczętnie zrzniował organizację służby deszczomierzowej tak, iż gdy po roku 1910 jedna stacja wypadła na mniej niż 150 km² dziś są połacie o wielu tysiącach km² nie posiadające ani jednej systematycznie obserwowanej stacji deszczomierzy¹⁾.

W warunkach dzisiejszych zatem bardziej niż kiedykolwiek okazuje się potrzeba opracowania metody, któraby pozwalała bodaj w przybliżeniu określić ilości roczne: 1. opadu, 2. odpływu przy znanym obszarze dorzecza i jego wzniesieniu n. p. m.

W tym celu zestawilem sumy roczne opadów za lata 1899 do 1910 dla 32 stacyj dorzecza Sanu, oraz jego stacyj najbliższych. Nanosząc roczne sumy opadu w zależności od wysokości nadmorskich, określiłem przybliżony związek między temi wartościami równaniem liniowym:

¹⁾ W listopadzie 1924 w całym dorzeczu Dniestru było 12 stacyj, gdy w roku 1912 było ich 157, a w całej Małopolsce 500.

dla przecięcia z 11 lat h opadu = 0.833 H m n. p. m. + 500 m/m
 „ roku suchego: h = 0.750 H + 220 m/m
 „ „ mokrego: h = 1.07 H + 650 m/m

Na poszczególnych stacjach są znaczne odchyłki od prawa określonego wzorami, lecz prawie równa liczba punktów leży powyżej jak i poniżej tych prostych wyrównujących.

Roczna suma parowania da się wyrazić również grubością pewnej warstwy wody. Wysokość parowania jest funkcją wysokości opadu. Początkowo parowanie rośnie wraz z wzrastającą sumą opadu, następnie maleje z powodu przesylenia powietrza parą wodną. Wysokość parowania da się wyrazić wzorem kształtu następującego:

$$\text{parowanie} = \varepsilon_0 e^{-k^2(x-x_0)^2}$$

Dla Europy centralnej Keller podaje współczynniki:

$$E_0 = 0.4; h^2 = 2.773; x_0 = 0.725;$$

x i y są wyrażone w metrach. Dla płaskowyża centralnego Francji Coutagne proponuje współczynniki:

$$E_0 = 0.500; h^2 = 1.42; x_0 = 1.000;$$

iloczyn: $h \cdot x_0$ jest w przybliżeniu stały i równy 1,2.

Dla Karpat wyznaczenie współczynników stało się na długie lata niemożliwe z powodu zupełnego zaniku stacyj deszczomierzowych (w przeciwstawieniu do wodowskazowych, które nietylko zostały utrzymane, lecz i wydatnie rozszerzone przez Państw. biura hydr., a liczba pomiarów wody powiększona). Na razie więc nie pozostaje nic innego, jak posługiwanie się współczynnikami Kellera, jako odpowiadającymi dorzeczu najbardziej geograficznie zbliżonemu. Dla tych współczynników obliczono więc tabelę poniższą:

m/m opadu	m/m parowania	m/m odpływu	stos. odpl. do opadu czyli współcz. φ
300	240	60	0.200
400	298	102	0.255
450	324	126	0.280
500	346	154	0.308
550	367	183	0.333
600	382	218	0.364
650	394	256	0.394

m/m opadu	m/m parowania	m/m odpływu	stos. odpł. do opadu czyli współcz. φ
700	399	301	0.430
725	400	325	0.448
750	399	351	0.468
800	394	406	0.568
850	382	468	0.551
900	367	533	0.592
950	348	602	0.634
1000	327	673	0.673
1100	271	829	0.754
1200	214	986	0.821
1300	163	1137	0.875
1400	120	1280	0.914
1500	82	1418	0.945
1600	49	1551	0.969
1700	29	1671	0.983
1800	15	1785	0.992
1900	8	1892	0.996
2000	4	1996	0.998

Przy bardzo wysokich opadach wysokość parowania jest prawdopodobnie przyjęta za dużą, lecz równoważy to fakt, że na dużych wzniesieniach skraplają się w terenie mgły, które faktycznie zasilają wody bieżące, lecz których deszczomierze nie wykazują.

Wzory powyżej podane pozwolą rozwiązać pewne praktyczne zagadnienia. I tak np. dorzecze górnego Sanu po zakład wodny w Myczkowcach ma 1395.4 km^2 dorzecza, po ujęcie tylko 1252.6 km^2 . W miejscu zakładu prowadzono od sierpnia 1923 r. systematyczne pomiary objętości, oraz stanów wody. Na podstawie tych pomiarów można było z dużą dokładnością obliczyć sumę rocznego odpływu z dorzecza Sanu 1395.4 km^2 . Obliczając tę samą cyfrę wzorami, sprawdzimy słuszność współczynników Kellera. Poza tem wzory posłużą do obliczenia odpływu z dorzecza 1252.6 km^2 w profilu jazowym, gdzie nie robiono pomiarów wody.

Poniższa tabela przedstawia obliczenie ilości opadu i odpływu dla roku przeciętnego.

m nad poziom morza	km^2 obszaru dorzecza	m/m opadu rocznego	współczynnik φ	mil. m^3 opadu	mil. m^3 odpływu
350	39.4	792	0.50	31.2	15.6
450	196.1	875	0.57	171.8	98.0
550	283.4	958	0.65	271.8	176.4
650	294.7	1042	0.71	308.0	218.0
750	249.2	1124	0.77	280.0	215.8
850	166.4	1208	0.83	205.2	170.8
950	88.8	1291	0.87	192.2	158.4
1050	47.9	1375	0.91	66.0	60.0
1150	21.4	1458	0.93	31.2	29.0
1250	7.8	1540	0.95	12.0	11.4
1350	0.3	1622	0.97	0.5	0.5
Średnio	1395.4	1118	0.74	1559.9	1153.9

W całym dorzeczu:

opadu 1118 m/m
 odpływu 830 "
 parowania 288 "

Podobnie obliczone wartości dla roku suchego i mokrego dają wyniki następujące:

m/m opadu w roku	φ	mil. m^3 opadu	mil. m^3 odpływu	m/m odpływu	m/m parowan.
Rok suchy: 729	0.48	1016.0	485.1	348	381
Rok mokry: 1380	0.90	1925.9	1728.0	1238	142

Obserwacje w profilu zakładu w Myczkowcach w okresie od sierpnia 1923 do września 1925 wykazują przeciętną roczną ilość odpływu 1030 mil. m^3 względnie $739 \text{ m}^3/\text{m}$. Cyfra ta jest niższa od obliczonej z wzoru przeciętnej $830 \text{ m}^3/\text{m}$. Brak obserwacji deszczomierzowych nie pozwala ocenić, czy różnica ta wynika z powodu mniejszych rocznych opadów w okresie 1923—1925 niż w roku przeciętnym, czy z powodu przyjęcia niewłaściwych współczynników we wzorze na parowanie. Jedyna stacja, która była częściowo obserwowana w okresie 1923—1925, to Sianki ze sumą opadu $872 \text{ m}^3/\text{m}$. W latach 1900—1910 stacja ta była obserwowana tylko w ciągu trzech lat, co prawda dość przeciętnych, a średnia z tych lat wypada $945 \text{ m}^3/\text{m}$, a zatem wyższa od średniej z również niepełnego okresu obserwacji lat 1923—1925. Na zasadzie tej jedynej i niepełnej obserwacji wnosićby można, iż rzeczywiście okres 1923—1925 był bardziej suchy niż przeciętny, czyli, że wyniki otrzymane z wzoru są prawdopodobne.

Jako dalszy sprawdzian mogą posłużyć wyniki badań, jakie z polecenia b. Wydziału Kraj. przeprowadzałem w roku 1905 dla Stryja i Oporu. Wyniki te są następujące dla całego dorzecza:

	m/m opadu	m/m odpływu	m/m parowania
Rok 1903	1037.5	811.5	226.0
" 1904	737.5	442.0	295.5
" 1905	897.5	607.0	290.5

Z cyfr tych wynika, iż największe parowanie tak procentowo jak i bezwzględnie występuje w roku suchym, przy małych opadach, najmniejsze w roku mokrym. Ponieważ w obliczeniu przeciętnych sum opadów nie uwzględniono wyższych opadów na szczytach gór, gdzie nie było deszczomierzy i brano w rachubę tylko istniejące stacje, wynika z tego, iż faktyczna ilość opadu, a zatem i parowania, była większa od podanej w zestawieniu. Jeśli podane dla Stryja cyfry opadu i parowania nieco powiększymy, otrzymamy sumy bardzo zbliżone do wyników obliczenia dla Sanu na zasadzie wzoru. Gdzie zatem chodzi o rachunki orientacyjne, nie zupełnie ściśle, oraz tam, gdzie niema żadnych stacji deszczomierzowych — a w tem położeniu znalazły się obecnie całe Karpaty, przytoczone wzory mogą oddać zupełnie dobre usługi.

Jak podałem na początku, przy dorzeczach położonych w górach, nie można redukować ilości przepływu z jednego punktu dorzecza na drugi wprost, w stosunku obszarów dorzecza, nie uwzględniając ich wzniesienia. Przykład najlepiej tę sprawę wyjaśni.

Na profilu zakładu w Myczkowcach dorzecze Sanu wynosi 1395.5 km^2 ; na profilu jazowym: 1252.6 km^2 . Między temi profilami dorzecze wzrasta zatem o 142.9 km^2 terenów znacznie niżej położonych nad poz. morza niż dorzecze na profilu jazowym. Obliczenie ilości opadu i odpływu dla tych 142.9 km^2 przedstawia się jak poniżej.

Wzniesienie m n. p. m.	dorzecze km^2	opady m/m	opady mil. m^3	φ	odpływ mil. m^3	odpływ m/m
350	28.1	792	22.2	0.50	11.1	
450	60.7	875	53.1	0.57	30.2	
550	42.2	958	40.4	0.65	25.2	
650	10.9	1042	11.4	0.71	8.1	
750	1.0	1124	1.1	0.77	0.8	
Rok przeciętny	142.9	897	128.2	0.59	75.4	527
" suchy . . .	142.9	578	82.5	0.36	29.4	205
" mokry . . .	142.9	1162	166.3	0.80	132.3	928

Sumy odpływu na profilu jazowym i profilu zakładu, oraz stosunek tych sum rocznych, przedstawi się jak następuje:

	zakład mil. m ³	jaz mil. m ³	stosunek
Rok średni	1147·6	1072·2	0·934
„ suchy	485·1	455·5	0·939
„ mokry	1559·9	1427·6	0·915

Przeciętny stosunek między sumami rocznego odpływu wynosi zatem 1:0·93, podczas gdy stosunek dorzeczy jest jak

1:0·90, a zatem przy dorzeczu jazowym równym 0·90 dorzecza zakładowego, objętość roczna przepływu na jazie wynosi 0·93 objętości w profilu zakładowym. Różnica ta wystąpi jeszcze jaskrawiej przy redukcji na jeszcze mniejsze dorzecza górskie.

Warszawa, wrzesień 1925.

Dr. Pomianowski.

Wiadomości z literatury technicznej.

Budownictwo wodne.

— Budowę trzeciej śluzy pod Münster na kanale Dortmund-Ems opisuje *Zeitschrift f. Bauwesen* Nr. 4—6/1925. Z uwagi, że istniejące już dwie śluzy nie mogą pokonać istniejącego ruchu, wykonano śluzę trzecią o 225 m długości komory, 12 m szerokości i 3,0 głębokości w środku, a 2,5 m z boków. W komorze znajdują pomieszczenie 3 statki 750 tonnowe. Spód śluzy wynosi 6,2 m. Przyjmując średni ładunek statku 500 tonn, 12 śluzowań podwójnych przy ruchu dziennym i nocnym (8 w dzień, a 4 w nocy) w obie strony, 70% wyzyskania śluzy i 300 dni ruchu w roku otrzymuje się dzielność śluzy $300 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 3 \cdot 500 \cdot 0,70 = 7,5$ milionów tonn rocznie, a ponieważ poprzednie dwie śluzy dają również tyle, zatem kanał może przepuścić w roku łącznie 15 milionów tonn.

Co do szczegółów konstrukcyjnych zauważa się, że zgodnie z nowym kierunkiem panującym w Niemczech zarzucono długie kanały obiegowe i kanałki boczne, gdyż, jak skonstatowano, powodują przy napełnianiu i wypróżnianiu wielkie wahań statku. Kanały obiegowe górne są krótkie podchodzą pod górny próg, wykształcony z żelbetu jako silny wspornik i tu pod płytą wspornika wypływa woda do komory. Powstaje przytem tylko spychanie statku ku dolnej wodzie, któremu jednak można zapobiec przez zakotwienie linami. Śluzy wykonano z betonu lanego z zastosowaniem wieży, okładzinę wykonano z klinkierów — zamiast ciosów użyto na wszystkich krawędziach i progach blach kutych. Zastosowano dwa zbiorniki oszczędności, podłużne bliżej głowy o długości równej połowie długości śluzy, a o podwójnej szerokości.

— Budowa portu przeładowczego w Tczewie. Pod tym tytułem zamieszcza notatkę *Zeitschrift für Binnenschiffahrt* Nr. 5/1925. Brzmi ona następująco: „O zamierzonej budowie portu przeładowczego w Tczewie pisze *Baltische Presse* m. i.: Z budową portu w Gdyni wiąże się bezpośrednio projekt portu przeładowczego w Tczewie. Omawiany wielokrotnie projekt portu morskiego w Tczewie nabywa obecnie nowego znaczenia, gdyż Gdynia nie posiada połączenia z polskimi drogami wodnymi. Otóż statki przeładowcze, zdolne do żeglugi morskiej (seetüchtige Leichter), mają na drodze Gdynia-Górki (Neufähr)-Einlage-Tczew dostawać się do linii kolejowej w Tczewie. Celem umożliwienia tego, będzie się musiało miejsca płytkie na przestrzeni Wisły Tczew-Czerwona Buda poprzekopywać na 200 m i w odpowiedniej głębokości utrzymywać. Jednak należy to tylko uważać jako prowizorium i należy oczekiwać, że Polska przystąpi do budowy kanału morskiego Górki-Tczew. Polskie plany kanału śródlądowego w Tczewie wiążą się bardzo dobrze z szeroko pomyślaną rozbudową portu gdańskiego, którego nowa część miałaby powstać nie na Troylu, lecz na zachodnim brzegu wjazdu pod Górkami. Plany te musi się oceniać bardzo a bardzo sceptycznie“.

— Elewatory statków. Obszerną dyskusję o dawniejszych i nowo projektowanych elewatorach statków przeprowadzono na posiedzeniu wielkiego wydziału Centralnego Związku niemieckiej żeglugi śródlądowej, odbytem w styczniu 1925 r. (*Zeitschrift für Binnenschiffahrt* Nr. 1, 2 i 3/1925).

Między innymi omówiono działanie elewatorów polegających na działaniu tłoków pod ciśnieniem (Anderton, Les Fontinettes, La Louvière). W Belgji wykonano na kanale du Centre pierwszy elewator tego typu pod La Louvière w r. 1888, następne trzy w r. 1909. Wszystkie cztery leżą na przestrzeni

7-u km i pokonują łączny spad 66,2 m (I 15,4 m, II, III i IV po 16,93 m). Według opinii inżynierów niemieckich, którzy prowadzili na nich ruch w czasie wojny, „są one wykonane precyzyjnie, jak zegarek“. Uczyniono tu prawie wszystko możliwe, aby zapobiec wypadkom. Ruch odbywa się niezwykle łatwo, wstrząsnięć żadnych niema. W czasie odwrotu służowali Niemcy do 50-u statków dziennie, służowanie podwójne z zastosowaniem wind elektrycznych trwało 20—30 minut.

Z nowych projektów omówiono projekt elewatora do transportu suchego firmy Klönne w Dortmundzie. Ma on się nadawać do dowolnych spadów i do służowania tak poszczególnych statków, jak i całych pociągów statków. Zasada jest następująca: Wyobraźmy sobie stanowisko górne i dolne, jednak nie jedno nad drugim, lecz zależnie od warunków w pewnej odległości od siebie. Transport statku składa się zatem z ruchu pionowego i przesunięcia poziomego. W przerwie między obydwo ma stanowiskami znajduje się stałe żelazne rusztowanie, a na niem u góry tor żórawia ruchomego (Laufkatze), stanowiący połączenie obu stanowisk. Ten żóraw jest tak zbudowany, że może dźwigać rusztowanie ruchome, które podnosi i spuszcza, oraz statek, który spoczywa na dnie tego rusztowania zbudowane w kształcie sita.

W rusztowaniu stałym, sięgającym na całą wysokość między obu poziomami, poruszają się dwa poprzeczne dźwigary między sobą związane, a połączone zapomocą lin żelaznych przechodzących przez bloki z przeciwwagami. Podczas podnoszenia i spuszczenia siedzi rusztowanie ruchome na tych poprzeczkach, przez co dokonuje się połączenie między ciężarem użytecznym a przeciwwagami.

Rusztow nie ruchome posiada przekrój prostokątny, z boku usztywniające dźwigary i dno z elastycznym pokładem z dyli.

Prześluzowanie statku np. z dolnego do górnego stanowiska następuje w ten sposób, że rusztowanie ruchome zjeżdża nadół i zanurza się tak głęboko, aby statek mógł na nie wjechać. Gdy statek wjechał na rusztowanie ruchome, podnosi się powoli to rusztowanie, przyczem statek siada najpierw na jego dnie. Przy dalszem podnoszeniu statek traci swój wypór, i przenosi swój ciężar stopniowo na rusztowanie ruchome. Rusztowanie ruchome, które spoczywa już na opisanych powyżej poprzeczkach, podnosi się teraz do góry, aż do toru żórawia ruchomego i zapomocą haków zawieszona na żórawiu. Teraz żóraw i rusztowanie ruchome tworzą sztywny system i trzeba tylko podchwytujące je od spodu poprzeczki odciągnąć nadół. Gdy to nastąpiło, przewozi żóraw rusztowanie ruchome ze statkiem w kierunku poziomym do stanowiska górnego. Rzędna toru żórawia jest tak obrana, aby rusztowanie ruchome wjechało ponad najwyższy poziom stanowiska górnego. Gdy żóraw wjedzie ponad stanowisko górne, następuje spuszczenie statku zapomocą poprzeczek, które znowu podchwytują rusztowanie ruchome. Rusztowanie to zanurza się tak głęboko, aż statek spłynie, a rusztowanie ruchome może teraz przyjąć nowy statek idący z górnego na dolne stanowisko.

Przy transporcie suchym nie jest możliwe zupełne wyrównanie ciężarów, wobec tego, że ciężar użyteczny (statek z ładunkami) ma ciężar zmienny. Wobec tego przeciwwagi wyrównują tylko część ciężaru, resztę trzeba pokonać silnikami. Jednak pamiętać trzeba o tem, że przy transporcie suchym, wobec braku balastu wodnego, ciężary są stosunkowo niewielkie, wobec czego można tu myśleć o służowaniu całych pociągów statków. Przeciwwagi są obliczone na średni ciężar statku, resztę mają pokonać silniki.

Ważną rzeczą jest obmyślenie należytego podparcia statku

na dnie i bokach. Otóż statki puste i z towarem drobnym przy przewozie suchym doznają mniejszych ciśnień jak przy mokrym, inaczej jest natomiast przy towarach sypkich i płynnych. Otóż boczne podparcie statku pomyślane jest w ten sposób, że rusztowanie ruchome posiada z boku pionowe sztaby (po dwie w każdym przekroju), przesuwalne w bok zapomocą trzpieni śrubowych umieszczonych u spodu i na wierzchu rusztowania ruchomego. Otóż te sztaby ruchome przesuwają się zapomocą silników elektrycznych tak daleko ku środkowi, aż obustronnie przywrą do boków statku.

Co do podparcia dna, to żelazne statki mogłyby mieć nawet podparcie sztywne, jednak drewniane wymagają koniecznego podparcia elastycznego. Pomyślano je w ten sposób, że pokład dyli spoczywa na prasach hydraulicznych, których cylindry połączone są rurami między sobą i otrzymują dopływ z otwartego zbiornika. Gdy statek siada na dnie rusztowania ruchomego (tj. gdy to rusztowanie się podnosi), prasy poddają się, bo ciecz może swobodnie odpływać, jednak w pewnej chwili następuje samoczynne zamknięcie rury, łączącej prasy ze zbiornikiem, a podatny dotychczas podkład pras staje się natychmiast sztywny i stanowi jednostajne podparcie statku.

Drugi z przedstawionych projektów obejmował elewator opracowany przez fabryki maszyn w Dnisburgu, Guttenhofnungshütte, Siemens-Schuckert i Dykerhoffa i Widmanna; nad projektem tym pracowano przez lat 15.

Jest to elewator z przeciwwagami, transportujący statek w górę i w dół w zbiorniku wodnym. Zbiornik wraz ze statkiem i wodą zrównoważono zupełnie zapomocą przeciwwag wiszących na linach. Elementów przeciwważących starano się dać tak wiele, aby wymiary lin i urządzeń mechanicznych nie przekraczały normalnych. Wysokość wzniosu oznaczono dla jednego wypadku na 36 m (Niederfinow), choć system ten może być stosowany i do stopni znacznie wyższych. Każdy poszczególny ciężar przeciwważący wisi na osobnej pojedynczej linie przechodzącej u góry przez blok. Skutkiem wielkiej liczby przeciwwag powstaje wielka pewność, gdyż nawet przy urwaniu jednej liny nie powstaje żadne niebezpieczeństwo, gdyż ubytek przeciwwagi będzie nieznaczny. Dla jeszcze większej pewności ujęto po 16 ciężarów w ramy wiszące na osobnych linach; w razie przerwania się jednej liny ciężar spadający zostanie schwytyany przez ramę zawieszoną sprężysto.

Przy ruchu musi się pokonać zatem tylko opory tarcia, oraz niedobory zrównoważenia wynikające z długości lin, a ruch pionowy może być wywołany w rozmaity sposób. Mogą tu być zastosowane łańcuchy bez końca, przechodzące i uruchomiane przez koła łańcuchowe, śruby różnego rodzaju, stałe, albo obracające się, pełne lub w środku puste z gwintem wewnętrznym, dalej także sztaby ząbione. Aby uzupełnić niedobory zrównoważenia, można zastosować liny lub łańcuchy dolne, ciężary dodatkowe, bębny dla łańcuchów i t. p. Zresztą siłę potrzebną motoryczną można zmniejszyć przez dodanie do zbiornika w górnym położeniu wody, lub ujęcie jej w dolnym.

Jeżeli jak w Henrichenburgu trzony śrubowe obracalne stanowią urządzenie do uruchomienia, a zarazem mają służyć jako zabezpieczenie, a więc do utrzymania całego ciężaru, w razie gdyby jak tam wypór — a tu przeciwwagi zawiodły, lub woda ze zbiornika wypłynęła, to należy się obawiać, że przy ciągłym ruchu może nastąpić zużycie gwintów, a zatem w razie wypadku trzony śrubowe nie spełniłyby swego zadania, tj. nie utrzymałyby całego ciężaru, gdyż gwinty zostałyby ścięte. Dlatego właściwszem jest rozdzielenie obu zadań i danie osobnego urządzenia mechanicznego do popędu, a osobnego do utrzymywania zbiornika. Pierwsze urządzenie mogą stanowić np. łańcuchy bez końca, lub sztaba ząbiona, a drugie śruby, które jak wiadomo jako urządzenie dźwigowe pracują nieekonomicznie. Śruby te muszą być tak silnie zbudowane, aby wytrzymały przy zupełnym wypłynięciu wody ze zbiornika. Stosując trzony śrubowe, musi się osadzić w zbiorniku części muter lub śrub, które obraca się w stałych lub na stałych

gwintach odwrotnych, tak, że w normalnych warunkach obracają się bez obciążenia i dopiero przy zaburzeniu równowagi sił pionowych działają hamująco. Te części muter lub śrub obraca albo osobny silnik, osadzony na zbiorniku, albowiem obrót wykonuje przymusowo sam silnik podnoszący.

Jak widzimy pomysł nie jest nowy, tylko szczegóły mają może oryginalne opracowanie. Dla kanału okalającego wodospady Niagary zaprojektowano elewatory na tejsamej zasadzie, które opisaliśmy w swoim czasie w *Czasopiśmie*.

We Lwowie 27. VII. 1925.

Dr. M. M.

BIBLIOGRAFJA.

Książki nadesłane. „Radio-Amator“. Ukazał się Nr. 17 „Radio-Amatora“. Na treść tego numeru składają się artykuły poniżej wyszczególnione. 1. Artykuł wstępny inż. St. Odyńca, dotyczący organizacji prac radioamatorskich. 2. „Telewizja“ inż. Porębskiego. 3. Jak do antodyny dodać wzmacniacz wielkiej częstotliwości, przez co zwiększy się zasięg odbiornika. 4. „Superheterodyna“ p. J. Odyńca — artykuł, który daje objaśnienie zasady aparatów tego rodzaju, w dalszym zaś ciągu ma być podany szczegółowy opis budowy i użycie tych aparatów. Artykuł ten zasługuje na szczególną uwagę ze względu na to, że jest to pierwsza publikacja tego rodzaju w języku polskim. 5. Dalszy ciąg „Teorii i praktyki małej częstotliwości“. 6. Wiadomości z kraju. 7. Z radjoorganizacji.

„Radio-Amator“. Ukazał się Nr. 18 „Radio-Amatora“. Na treść tego numeru składają się następujące artykuły: 1. „Pierwsza rocznica Radio-Amatora“. 2. „Superheterodyna“ (szczegóły samodzielnego wykonania). 3. Doświadczenia z antenami i uziemieniem. 4. Fał krótkie. 5. Komunikacja radioamatorska. 6. Amatorska stacja nadawcza w Hilversum. 7. Kronika fal krótkich. 8. Z kraju. 9. W radjoorganizacjach. 10. Z całego świata.

Numer ten jak już widać z samych tytułów treści wskazuje nowy kierunek działalności tego sympatycznego pisma — mianowicie w kierunku amatorskiego nadawania i odbioru na falach krótkich, co było dotąd w Polsce zupełnie zaniedbane.

Dzieła i czasopisma, nabyte na własność Biblioteki Politechniki Lwowskiej w styczniu, lutym i marcu 1925 roku: (Ciąg dalszy) 33. Skirl W. Messgeräte und Schaltungen für Wechselstrom-Leistungsmessungen. 2 Aufl. Berlin, 1923. St. X. 248. — 34. Skirl W. Messgeräte und Schaltungen zum Parallelschalten von Wechselstrom-Maschinen. 2 Aufl. Berlin, 1923. St. VI. 140. — 35. Schering H. Die Isolierstoffe der Elektrotechnik. Berlin, 1924. St. 392. — 36. Klein Felix. Elementarmathematik von höheren Standpunkte aus. Berlin, 1924. St. XII. 321. — 37. Kulebakin V. Elektrische Hochspannungszündapparate. Berlin, 1924. St. 89. — 38. Vieweger H. Aufgaben und Lösungen aus der Gleich- und Wechselstromtechnik. 8. Aufl. Berlin, 1923. St. VI. 292. — 39. Zenneck I. Elektronen- und Ionen-Ströme. Berlin, 1923. St. 48. — 40. Vidmar M. Der wirtschaftliche Aufbau der elektrischen Maschine. Berlin, 1918. St. V. 113. — 41. Willers H. B. Die Nebentellentechnik. Berlin, 1920. St. VI. 172. — 42. Orlich E. Anleitungen zum Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium. Berlin, 1923. St. 96. — 43. Krukowski W. Der Wechselstromkompensator. Berlin, 1923. St. 60. — 44. Bucksath W. Elektrische Stossprüfung von Porzellan-Isolatoren. Berlin, 1924. — 45. Eyth M. Lebendige Kräfte. Berlin, 1924. St. VI. 262. — 46. Apt R. Isolierte Leitungen und Kabel. Berlin, 1924. St. VII. 140. — 47. Audubert R. Cours d'électrochimie. Notions théoriques et applications de l'électrochimie. Paris, 1924. p. VIII. 314. — 48. Curie P. Radioactivité et phénomènes connexes. Paris, p. 24. tb. 3. — 49. Ollivier H. Travaux pratiques de physique générale. Paris, 1924. p. 102. tb. 9. — 50. Cambell N. R. Théorie quantique des spectres. La relativité. Paris, 1924. p. 237. (C. d. n.).