

# CZASOPISMO TECHNICZNE

ORGAN TOWARZYSTWA POLITECHNICZNEGO WE LWOWIE.

Rocznik XXVI.

Lwów, dnia 10 października 1908.

Nr. 19.

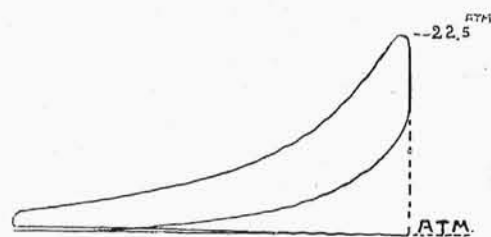
TREŚĆ: Wiesław Chrzanowski: Falowanie gazów spalonych podczas wydmuchu u gazowych maszyn. — Inż. Stefan Dąbrycz: Śruby bezpieczeństwa w kotłach. — Inż. Dr. Wacław Baliński: Kilka uwag o cichych stropach żelazno-betonowych. — Sprawozdania z literatury technicznej.

## Falowanie gazów spalonych podczas wydmuchu u gazowych maszyn.

Niezawodne oznaczenie mocy wskazanej gazowych maszyn jest połączone z pewnymi trudnościami, ponieważ wykresy indykatorów przy niezmiennej obciążeniu maszyny najczęściej znacznie się różnią. Tyczy się to przeważnie wybuchu t. j. wysokich ciśnień, gdzie powyższe linie, oznaczone ołówkiem indykatora, zwykle są rozrzucone, podczas gdy krzywe sprężania i rozprężania mało tylko się zmieniają. Nie ulega wątpliwości, że właśnie w czasie wybuchu, z powodu raptownego poruszenia się tłoka indykatora, działanie mas mechanizmu odgrywa wielką rolę. Poza tem wiele innych, na pozór mniej znacznych zdarzeń procesu wybuchowego przyczynia się do otrzymania nierównych wykresów praktycznych. Wymieniam tutaj tylko niemożliwość osiągnięcia wciąż równego zmieszania się gazu z powietrzem, które powoduje różnie silne wybuchy, — często zmieniające się ciśnienie gazów dolotowych, dalej całe zapalenie gazów, tak elektromagnetyczne, jak i elektryczne. Przyrząd stykowy wraz z udarowym jak i zapalakiem są częściami nadzwyczaj czułymi i wpływają we wielkiej mierze na siłę wybuchu; — tutaj nieraz małe niedomagania przyczyniają się znacznie do bardzo ujemnych skutków.

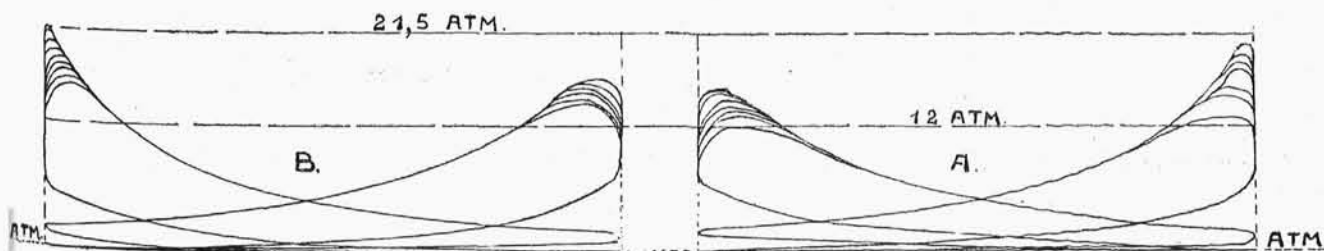
Jako charakterystyczny przykład zmiennych wykresów przytaczam z praktyki wykresy rys. 1, równocześnie zdjęte u dwóch cylindrów obustron-

malnej sile hamowanej 1500 HP przy obciążeniu 1260 HP hamowanych) o napełnieniu cylindra mieszanką i o wydmuchu gazów spalonych. Chcąc



Rys. 2.

wyrobić sobie pewien sąd o tych okresach, używamy do indykatora sprężyn słabych np. 1 kg = 25 mm do 30 mm. Pomimo, że tutaj tak działanie mas mechanizmu jak i tarcie tłoka ujemnie wpływają na osiągnięcie zupełnie pewnych rezultatów, udowodnił jednakowoż prof. E. Meyer w *Zeitschrift d. V. deutsch. Ing.* r. 1901 str. 1343 na mocy dokładnych laboratoryjnych doświadczeń, że wykresy słabosprężynowe umożliwiają nam wysnuwanie wniosków co do przebiegu podczas napełnienia i wypustu. Opierając się na wykresach słabosprężynowych, zebranych w praktyce, które nie mogą sobie rościć pretensyi do dokładności la-



Rys. 1.

nie działającej czterosuwowej gazowej maszyny (systemu tandem) o normalnej sile hamowanej 2000 HP przy obciążeniu 1640 KP hamowanych.

A oznacza przedni cylinder,

B tylny

Z wykresów tych wynika, że w krótkim przeciągu czasu najwyższe ciśnienie wybuchowe wynosiło 21,5 atm, a najniższe 12 atm.

Oznaczenie średniej wskazanej mocy silnika może jedynie nastąpić przez splanimetrowanie wszystkich rozrzuconych wykresów.

Jeszcze mniej poucza nas zwykły normalny wykres indykatora (rys. 2, obustronnie działająca czterosuwowa maszyna systemu tandem o nor-

laboratoryjnej, lecz tem więcej odpowiadają rzeczywistym warunkom, w których maszyny pracują, chcę omówić falowanie gazów spalonych podczas wydmuchu.

Ponieważ falowanie to w pewnym względzie wpływać może na działanie silnika, musimy wprawdzie rozpatrzyć zasadnicze momenty procesu spalinywego, które przypuszczalnie odgrywać mogą tutaj pewną rolę. Stawidła wielkich, obustronnie działających gazowych maszyn czterosuwowych z jakościową regulacją pracują mniej więcej w następujący sposób:

1. Wentyl wpustowy otwiera przy 3%—6% przed martwym położeniem korby, a zamyka

przy 7%—11% po m. p. („m. p.” oznacza zawsze martwe położenie).

2. Wentyl wypustowy otwiera przy 20% do 30% przed m. p., a zamyka przy 8%—12% po m. p.

3. Wentyl mieszankowy stoi pod wpływem regulatora, a poniższe dane odnoszą się do najniższego położenia tegoż. Otwieranie rozpoczyna się przy 6%—14% przed m. p. zależnie od systemu używanych zewnętrznych stawideł, — bliżej m. p. przy stawidłach wychwytowych, prędzej przed m. p. przywodzonych. Jeszcze więcej zależnym od rodzaju stawideł jest moment zamknięcia się wentylu. U wychwytowych następuje wychwyt przy 9% do 15% przed m. p. i może przy zmiennym obciążeniu maszyny pozostać niezmienny, podczas gdy wentyl później rozpoczyna się otwierać, (patrz rys. 3: wykresy



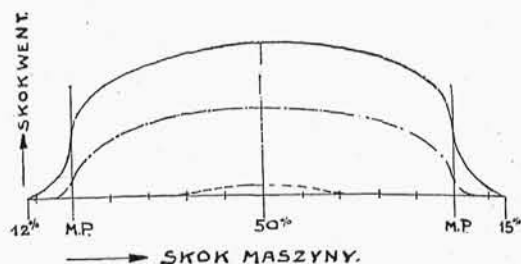
Rys. 3.

skoku wentylu u stawideł wychwytowych przy zmiennym obciążeniu maszyny). Regulacja ta nadaje się bardzo do zastosowania jej przy gazach o wielkim zasobie ciepła, gdyż z chwilą otworzenia się wentyla wpustowego dostaje się do cylindra wpierw powietrze przed gazami i zapobiega szkodliwym wybuchom w skrzynce rozdzielniczej. Poza tem stawidła wychwytowe są bardzo praktyczne przy puszczeniu w ruch maszyny, gdyż n. p. u obustronnie działającej maszyny tandem po wyłączeniu ramion wychwytowych u tych dwóch stron cylindrów, gdzie wpuszcza się sprężone powietrze, drugie dwie strony natychmiast zasila się mieszanką t. j. pracują z wybuchem.

U stawideł wodzonych zamyka się wentyl mieszankowy przy 12%—19% po m. p., a regulowanie odbywa się przez późniejsze otwieranie i przedsze zamykanie się wentyla (patrz rys. 4: wykresy skoku wentylu u stawideł biegunowych przy zmiennym obciążeniu maszyny). Ruch wentyla mieszankowego i wpustowego jest tutaj mniej więcej równoległy.

Ponieważ równoczesne podnoszenie się wspomnianych wentylów odpowiada lepiej poszczególnym chybnościom tłoka, ssie maszyna proporcjonalniej złączoną mieszankę, skutkiem czego otrzymujemy

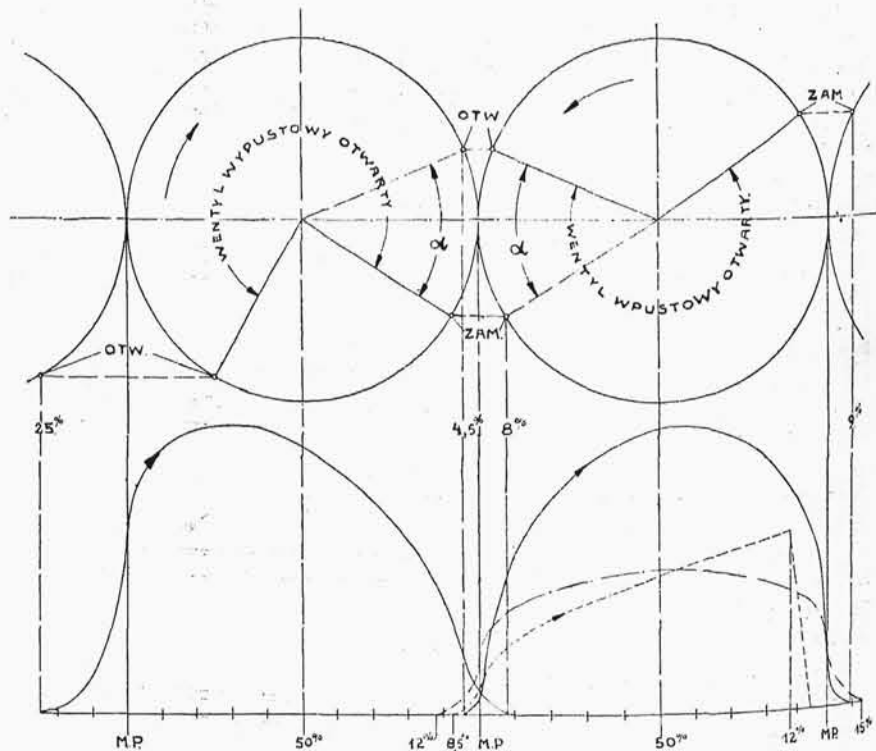
doskonalsze spalanie i lepsze wykorzystanie gazów przy wszystkich obciążeniach maszyny. Z tych powodów używa się stawidła biegunowego



Rys. 4.

często u gazów o małym zasobie ciepła, gdzie np. u gazów wielkopieczowych nie zachodzi żadne niebezpieczeństwo z powodu dostania się niespalonej dawki do rur wypustowych. Tutaj można więc z łatwością przeprowadzić zasadę, żeby przedni cylinder nie różnił się w niczem od tylnego, w celu łatwego i prędkiego wmontowania cylindra rezerwowego; — tyczy się to głównie miejsc wprowadzania sprężonego powietrza, które umieścić można u obu cylindrów z jednej strony np. kukorbowej. Aby jednakowoż u stawideł wodzonych módz także z gazami o wielkim zasobie ciepła od samego początku pracować z wybuchem, poleca się tylko obie strony jednego cylindra, którego klapę, dławiając dolotowe gazy, ręcznie na czas puszczenia w ruch maszyny się zamyka, zasilać sprężonym powietrzem, podczas gdy obie strony drugiego cylindra natychmiast ssąć mogą mieszankę.

Zasadnicze okresy działania wszystkich trzech wentylów (wentyl mieszankowy przy najniższym



Rys. 5.

położeniu regulatora) przedstawia rys. 5, gdzie oznacza:

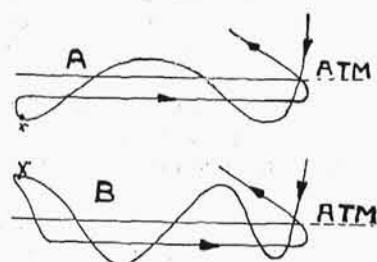
Otw. = otwieranie się wentyla,  
Zam. = zamykanie się wentyla,

K. P. = martwe położenie korby,  
 — = wykresy skoku wentyla wpustowego i wypustowego,  
 - - - - - = " " " mieszankowego przy stawidłach wychwytowych,  
 — · — · — = " " " mieszankowego przy stawidłach wodzonych.

Nadmienić jeszcze wypada, że wykresy wentylów wpustowych i wypustowych skreślone są dla stawideł biegunowych.

Rys. 5 wykazuje, iż podczas dość długiego przeciągu czasu (kąt korbowy  $\alpha$ ) wszystkie trzy wentyle są równocześnie otwarte, gdyż wentyl wypustowy zamyka się dopiero przy  $8^\circ$  po m. p., podczas gdy wentyl wpustowy i mieszankowy otwierają się przy  $4.5^\circ$  i  $8.5^\circ$  wzgl.  $12^\circ$  przed m. p.

W chwili, gdy wentyl wypustowy zaczyna się otwierać, spalone gazy posiadają nadprężność  $2-3 \text{ atm}$  i uchodzą z szaloną chyżością. Zależnie od szybkości otwierania się wentyla, przekrojów i prowadzenia rur wydychowych powstają pewne fale, które mogą dodatnio lub ujemnie wpływać na następujące po wydmuchu napełnienie cylindra mieszanką. Dodatni skutek osiągnięto by w razie, gdyby się udało stale, przy każdym obciążeniu silnicy, przy różnej jakości i zmiennem ciśnieniu gazów do-



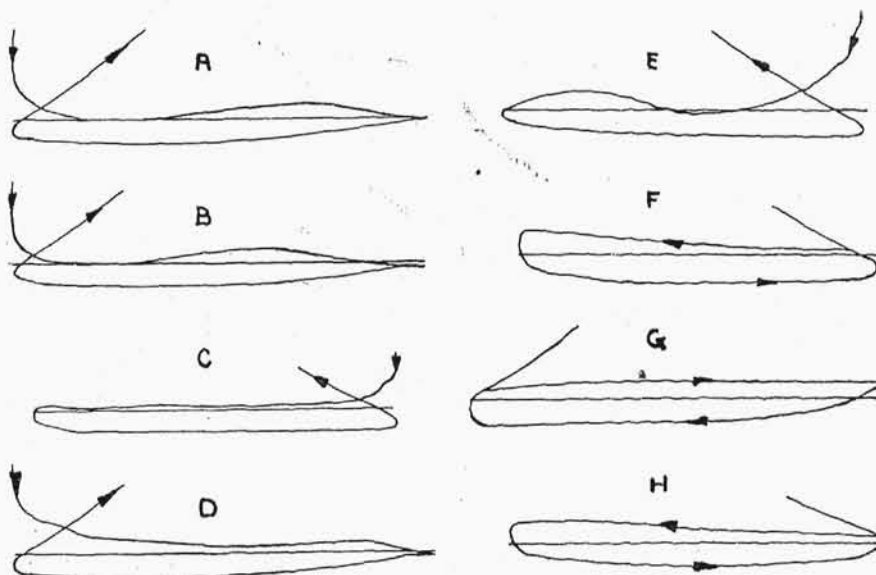
Rys. 6.

lotowych, w krytycznym punkcie  $x$  (patrz rys. 6 A) wywoływać znaczną próżnię, która ssalaby powietrze, znajdujące się za wentylem wpustowym i tym sposobem doskonale czyściła cylinder. Ujemny rezultat wywoływałaby wielka nadprężność przy  $x$  (patrz rys. 6 B), gdyż gazy spalone wypychałby przy otworzeniu się wentyla wpustowego powietrze wzgl. mieszankę z powrotem. Z tej przyczyny zmniejszyłoby się nie tylko napełnienie cylindra, lecz równocześnie z powodu wielkiej zawartości w nim gazów spalonych ucierpiałaby bez wątpienia jakość wybuchów i tem samem spec. dzielność maszyny.

Ryc. 7 przedstawia szereg wykresów praktycznych słabosprężynowych ( $1 \text{ kg} = 30 \text{ m m}$ ), które zdjęte zostały u obustronnie działającej maszyny czterosurowej systemu tandem o sile  $1500 \text{ HP}$  hamowanych. W czasie zdjęć wykresów A—E pracowała silnica normalnie z wybuchem, podczas zdjęć wykresów F—H zapłonka indykowanej strony cylindra była wyłączona. Że wyłączenie takie u gazów wielkopieczowych bez narażenia się na niebezpieczeństwo, zwłaszcza przy wstrzykiwaniu wody tuż pod wentylem wypustowym i w rury wydychowe, jest możliwe, już wyżej

wspomniałem. Nawiasem dodaję, że nie poleca się wstrzykiwać wody u gazów z pieców koksowych, gdyż powstający kwas siarczany przeżera w przeciągu 3—4 miesięcy daną rurę wydychową. Pomimo to wielu inżynierów ruchu woli, w celu usmierzania nieznośnego hałasu wydychu, wodę wstrzykiwać i daną rurę co kilka miesięcy odnawiać.

Wykresy rys. 7 jasno dowodzą, jak mylnie informują nas o przebiegu podczas wydmuchu normalne wykresy indykatora z silnemi sprężynami (patrz rys 1 i 2). Na pierwszy rzut oka uderza wielka różnorodność linii wypustowych. U wykresów A i B zdawałoby się mogło, że na początku skoku wydmuchowego, przy stosunkowo małych chyżościach tłoka a wielkim skoku wentyla, wolne przekroje są tak wielkie, iż spalone gazy z ciśnieniem atmosferycznem uchodzić mogą. Z wzrastającą chyżością tłoka, a zmniejszającym się skokiem wentyla powstaje w cylindrze pewna nadprężność, która opaść powinna do ciśnienia atmosferycznego pod koniec skoku maszyny. Takiemu pojmowaniu przeczy wykres B, gdzie w przybliżeniu  $15^\circ$  przed martwym położeniem korby linia wypustowa spada poniżej atmosferycznej. Także wykresy D i E każą wnioskować, że podczas wydmuchu mamy do czynienia z falami gazów spalonych, gdyż tutaj przypada najniższe ciśnienie mniej więcej równocześnie z największą chyżością tłoka. Nie ulega wątpliwości, że odrobinę odmienne ustawienie zewnętrznych stawideł, a przede wszystkim biegunów, u czterech stron maszyny wpływa na kształt fal wydmuchowych, np. wentyl wypustowy u wykresu E prawdopodobnie wolniej otwiera, niż inne. Natomiast stanowczo twierdzić można, że fale wypustowe w daleko większej mierze podlegają wewnętrznym wpływom procesu spalinyowego, wywołanym przez zmienną siłę każdorazowego wybuchu, wzajemny wpływ wybuchów różnych stron cylindrów przez połączenie rurami wypustowymi, — ciśnienie, chwilowy skład i temperaturę gazów dolotowych, każdorazowy stosunek mieszankowy, rodzaj mieszania się gazów z powietrzem, temperaturę ścian cylindrów i w końcu



Rys. 7.

nie w najmniejszej mierze od momentu zapalania mieszanki w stosunku do położenia korby maszyny, jakoteż od dzielności zapalenia. Zapatrywanie to potwierdzają wykresy bez wybuchu F, G

\*



i  $H$ , gdzie nie widzimy znamiennego falowania.

Inny obraz tego przedstawia wykres słabospężynowy (rys. 8), małej gazowej maszyny o sile 10 HP, wyjęty z *Zeitschrift d. V. d. Ing.* r. 1901 str. 1346; — tutaj na początku i krótko po połowie skoku wydmuchowego powstaje próżnia. Przy porównaniu rys.



Rys. 8.

8 z 7 widzimy wielką różnicę falowania i dochodzimy do przekonania, że oprócz wyżej wymienionych powodów wpływa na kształt fal wydychowych w wielkiej mierze rodzaj stawideł zewnętrznych, wielkość przekrojów, prowadzenie i długość rur wypustowych i system regulacji maszyny. Znaną jest ogólnie ujemna strona regulowania ilościowego u gazowych maszyn czterosurowych, że równocześnie ze zmniejszającym się obciążeniem maszyny obniża się ciśnienie sprężania, co w skutku przyczynia się do zmiennych wybuchów. Tutaj więc będzie falowanie gazów spalonych więcej podlegało wpływom obciążenia maszyny niż przy regulacji jakościowej.

Pewne korzyści przynosiłyby fale wypustowe tylko w takim razie, gdyby stale i niezawodnie, przy każdym obciążeniu maszyny osiągnano wykresy podług rys. 6 A, które powodowałyby czyszczenie cylindra powietrzem. Wobec niewielkich stosunkowo zysków u gazowych maszyn czterosurowych przez takie ujarzmienie fal, aby według naszej woli postępowały, nie próbowano dotychczas tego, zwłaszcza, że dodatni skutek przedstawia się bardzo niepewnie.

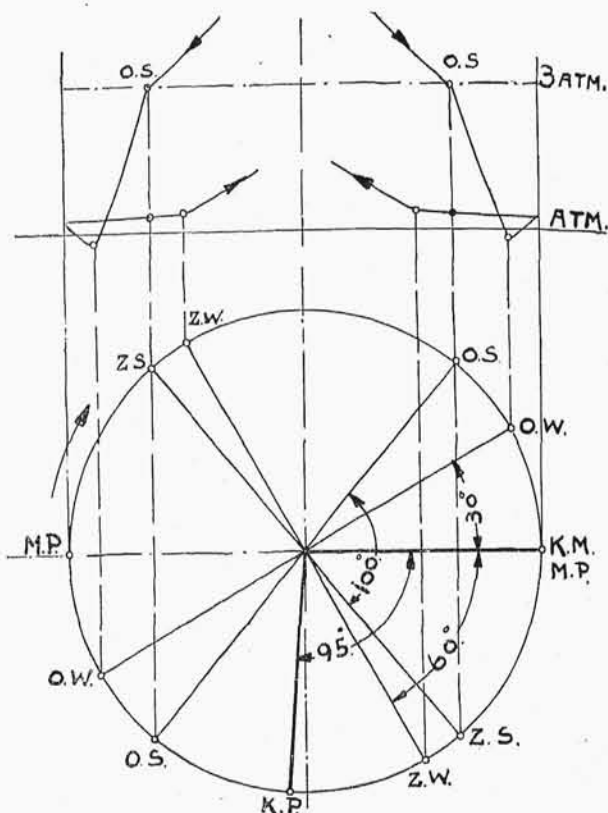
Wiecej korzyści przynieść może próżnia podczas wydmuchu, trwającego bardzo krótko, u gazowych maszyn dwusurowych. Zależnie od systemu ich, odbywa się wypust, czyszczenie i napełnienie cylindra w czasie  $100^\circ$  do  $120^\circ$  kąta korbowego. W rys. 9, przedstawiającym charakterystyczne chwile dwusuwu w stosunku do skoku maszyny wraz z dotyczącą częścią wykresu indykatora, oznacza:

- O. S. = otwieranie szczelin wypustowych,
- Z. S. = zamykanie „ „ „ „
- O. W. = otwieranie się wentyla wpustowego,
- Z. W. = zamykanie „ „ „ „
- K. M. = położenie korby maszyny,
- K. P. = „ „ „ „
- M. P. = martwe położenie korby maszyny.

Suwy ssący i wypustowy zastępują u maszyn dwusurowych pompy tłoczące, powietrzna i gazowa, których ciśnienie wynosi  $0.15-0.5 \text{ atm}$ , zależnie od systemu i obciążenia maszyny, racjonalnego położenia (oklinienia) korby pomp względem korby maszyny. Inny sposób czyszczenia przeprowadza inżynier Samson przez użycie pompy, która ssie gazy spalone.

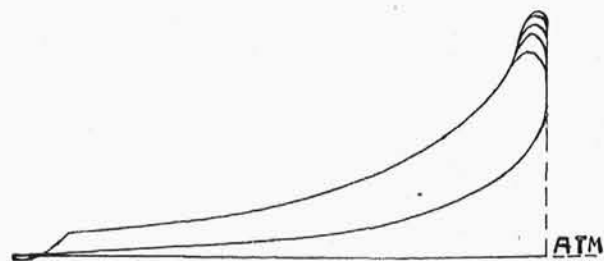
Dążność do możliwie najdoskonalszego wyczyszczenia cylindra spowodowała próby w celu stałego wywoływania próżni w okresie płukania. Osiągnąć można ją przedewszystkiem przez wielkie przekroje szczelin wypustowych; — z chwilą gdy tłok zaczyna otwierać szczeliny, od razu znajdują gazy spalone, posiadające nadprężność  $2-4 \text{ atm}$ , wielkie wolne otwory i uchodzą z tak szaloną chyżością, że w cylindrze powstaje próżnia. Ostatnią można powiększyć jeszcze przez odpowiednią wielkość przekrojów rur wypustowych; — wbudowanie w takowe jednej

stożkowej rury, wywołującej skutek dyszy, przyczynia się, jak doświadczenia wykazują, w nie-małej mierze do osiągnięcia pożądanego celu. Dziś



Rys. 9.

postąpiliśmy u gazowych maszyn dwusurowych tak dalece, że stale w odpowiednim okresie możemy uzyskać podczas wydmuchu próżnię (patrz rys. 10: wykres obustronnie działającej maszyny



Rys. 10.

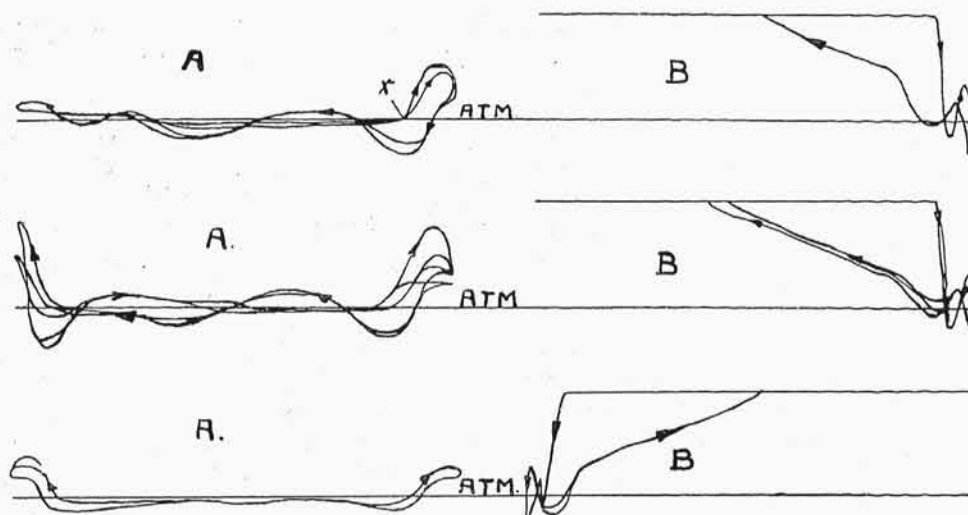
dwusurowej 550 k. p. mającej, przy obciążeniu hamowaniem 300 k. p.). Najbliższym zadaniem jest teraz opanowanie wielkości próżni, stojących z nią w związku fal wypustowych i uśmierzenie wpływów ich na wypłukanie i napełnienie cylindra.

W tym względzie doświadczenia dotychczasowe nie wydały pożądaných rezultatów jak to wykazują słabospężynowe wykresy (rys. 11), gdzie wykresy, oznaczone literą „A“, zdjęte zostały tuż za szczelinami wypustowymi ze sprężyną  $1 \text{ kg} = 50 \text{ m/m}$ , a wykresy, oznaczone literą „B“ u obu stron cylindra ze sprężyną  $1 \text{ kg} = 25 \text{ m/m}$ .

Do nierównomierności fal po obu stronach cylindra przyczynia się w części bezwzględnie niezupełnie równa wielkość szczelin po obu stronach cylindra danej maszyny. Pomijając ten fakt, zwraca naszą uwagę nawet u jednej strony cylindra ogromna zmienność wielkości próżni, jej położenia względem martwego położenia korby, w końcu wielka różnorodność fal wydmuchowych.

W chwili, gdy tłok zaczyna szczeliny otwierać, panuje tuż za niemi ciśnienie trochę niższe niż atmosferyczne, zależnie od fali ostatniego wypustu. Ciśnienie w cylindrze gazów spalonych spada momentalnie znacznie poniżej atmosferycznego, sprężając jednocześnie (patrz rys. 11 punkt *x*)

niż wentyl wpustowy; — oba musiałyby się dopiero wtedy zamykać, gdy szczeliny wypustowe byłyby już długo zamknięte. W ten sposób można uniknąć strat gazów dolotowych przez wydmuch, lecz częściowe napełnienie cylindra mieszanką przy zamkniętych szczelinach wypusto-



Rys. 11.

gazy, znajdujące się za szczelinami. Przez porównanie wykresów „A” i „B” rys. 11 widzimy, że fale gazów w cylindrze i za szczelinami podczas wydychu i napełnienia wzajemnym podlegają wpływom.

Zachodzi pytanie, jaki skutek wywierać może powstająca stale próżnia? Jest ona środkiem dobrym do rzetelnego wypłukania cylindra, lecz równocześnie środkiem o tyle niepewnym, że czyszczenie odbywać się może ewent. mieszanką, a nie samym powietrzem. Gdyby próżnia tylko wtedy istniała, gdy za wentylem wpustowym znajduje się samo powietrze, byłaby dodatnim czynnikiem. Z powodu falowania gazów powstaje ona jednakowoż także podczas napełnienia cylindra mieszanką, tak że nigdy nie ma się pewności, czy wielka ilość niespalonych gazów dolotowych nie uchodzi wprost szczelinami wypustowymi. Chcąc temu zapobiedz, można użyć wentylu mieszankowego, któryby się daleko później otwierał

wych przyczynia się we wielkiej mierze do wzrostu ciśnienia pomp, na czym bezwarunkowo specyficzna dzielność maszyny bardzo wiele traci.

Fale wypustowe u gazowych maszyn dwusuwowych podlegają tym samym, wyżej wymienionym wpływom co u czterosuwowych, są z powodu krótkości wydychu w ogólności żywsze i różnorodniejsze, a specjalnie u maszyn, pracujących z umyślnie wywoływaną próżnią. Niewątpliwie potęguje ostatnia drgania gazów wydychowych, które mogą spowodować więcej ujemnych niż dodatnich skutków. Wychodząc z tego założenia należy dążyć do pomniejszenia próżni i w ten sposób do uśmierzania choć częściowego fal wypustowych. Jestto jedynie racjonalne zapatrywanie, dopóki nie uda się opanować próżni lepiej niż to wykazują wykresy rys. 11.

Wiesław Chrzanowski,  
dypl. inżynier.

## Śruby bezpieczeństwa w kotłach.

(Z praktyki kolejowej).

Jednym z wielu drobiazgów, które obok rozleglejszych kwestyi technicznych zajmują umysły inżynierów maszynowych austriackich kolei państwowych są obecnie od dłuższego już czasu t. z. śruby bezpieczeństwa.

W rozpatrywaniu tej kwestyi nasuwają się pewne uwagi, które pragnę tutaj w krótkości przedstawić.

Zadaniem takiej śruby, której konstrukcyę z r. 1903 wskazuje fig. 1 jest zabezpieczenie paleniska lokomotywy na wypadek braku wody.

W wypadku tym mianowicie rdzeń jej, wykonany z odpowiednio dobranego materiału topi się, a strumień wody (względnie pary) tryskający z otworu stąd powstałego, gasi ogień na ruszcie.

Wytopienie śruby ma być równocześnie także niezawodnym znakiem niedbałej obsługi kotła.

Nie można jednakże żądać od konstrukcyi tego rodzaju, by dawała zabezpieczenie, któreby wogóle nie dopuściło do wzrostu temperatury blachy plafonu ponad pewną dopuszczalną granicę. Owszem, spostrzegamy w wielu przypadkach ślady silnego przegrzania blachy.

Warstewka sadzy, zazwyczaj silnie przylegająca do ściany daje się łatwo zetrzeć, albo już odpadła, występuje czerwone zabarwienie plafonu mniej lub więcej jednostajne. Nieszczelność śrub zeszytyniających plafon, warstewka kamienia kotłowego odstająca i popękana, są to oznaki, które wskazują, że ogień po wytopieniu śruby bezpieczeństwa ma jeszcze dość czasu na spostrzeżenie uszkodzenia.

Możnaby postawić analogię między śrubami temi, a wentylami bezpieczeństwa. Obydwie konstrukcyje pokrewne bowiem spełniają zadania.