INŻ. FRANCISZEK JOPEK

GÓRNICTWO
TOM VIII

PODSADZANIE WYROBISK

CZĘŚĆ I

PODSADZKA PŁYNNA

KATOWICE 1950
PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

INŻ. FRANCISZEK JOPEK

GÓRNICTWO

TOM VIII

Podsadzanie wyrobisk

CZĘŚĆ I

Podsadzka płynna

KATOWICE 1950

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

Opiniodawca: *prof. dr inż. W. Budryk*

Redaktor PWT: *inż. S. Gisman*

Książka obejmuje całokształt wiedzy o stosowaniu podsadzki płynnej przy eksploatacji zasadniczo węgla. Książka napisana jest na poziomie ruchowo-magisterskim i może służyć do praktycznego użytku techników i inżynierów oraz jako podręcznik do nauki w szkołach górniczych.

Fotografie wykonał *A. Bogusz*. Rysunki dostarczył autor. Rysunek 60 wykonano według szkicu *inż. K. Czechowicza*.

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

Redaktor techniczny: *mgr M. Franczak* Korektor: *M. Korol*

Format B5 Symbol PWT WR/71501 Nakład 2000 egz.
Ark. druk. 11 Papier druk. kl. V 70×100, 70 g Druk ukończ. dn. 30.9.1950

PBZG Oddział 1, Bytom, Przemysłowa 2, Zamów. 930. R-1-19148

SPIS RZECZY

Str.

I. UWAGI OGÓLNE O PODSADZCE 13

II. URABIANIE MATERIAŁU PODSADZKOWEGO 16

1. Uwagi o początkach stosowania podsadzki płynnej i materiale podsadzkowym 16
2. Sposoby urabiania materiału podsadzkowego 17
3. Sposób hydrauliczny urabiania piasku 18
4. Sposób maszynowy urabiania materiału podsadzkowego 19
   Czerparki jednoczerpakowe 20
   Czerparki wieloczerpakowe 23
5. Uwagi o organizacji i gospodarce na piaskowniach 34

III. TRANSPORT MATERIAŁU PODSADZKOWEGO 37

1. Różnorodność taboru przewozowego Zagłębia Górno-śląskiego 37
2. Sposoby wyładowania wozów piaskowych 37
3. Uwagi ogólne o wozach piaskowych 43
4. Wskazania dotyczące organizacji przewozu głównego przy podsadzce płynnej 43

IV. PODSADZKOWNIE I PRZYGOTOWANIE MIESZANINY PODSADZKOWEJ 45

1. Pojęcie podsadzkowni 45
2. Pojemność zbiorników podsadzkowych 45
3. Mosty wyładowcze 45
4. Sposoby przyrządzania mieszaniny podsadzkowej 49
5. Typy zbiorników podsadzkowych i ich budowa 54
6. Zagadnienie zużywania materiałów dodatkowych do piasku 57
7. Zabezpieczenie wody podsadzkowej 58
8. Urządzenia w zbiornikach, zwiększające lepsze ich wykorzystanie 59

V. PODSTAWY TEORETYCZNE RUCHU MIESZANINY PODSADZKOWEJ W RUROCIĄGACH 60

Teoria ruchu mieszaniny podsadzkowej 60
Definicja mieszaniny podsadzkowej 60
Zasadnicze warunki ruchu mieszaniny podsadzkowej 60
Pojęcie prędkości względnej i krytycznej 61
Zjawisko unoszenia ziarn w prądzie wody i rozkład mieszaniny w przekroju poprzecznym rurociągu 61
Współczynnik tarcia mieszaniny podsadzkowej 62
Stosunek wolnych przestrzeni materiału luźnego do jego całkowitej objętości i stopień zwilżenia przekroju 62
Stosunek mieszaniny podsadzkowej 63
Spadek hydrauliczny 64
Całkowity spadek naporu 64
Całkowita wysokość instalacji podsadzkowej i wysokość użyteczna urządzenia 65

Str.

Średni rozporządzalny spadek hydrauliczny instalacji podsadzkowej .. 65
Spadek hydrauliczny przy rurociągach pochyłych i pionowych 65
Instalacje podsadzkowe jednostopniowe i wielostopniowe 66
Rola „worków powietrznych" przy ruchu mieszaniny podsadzkowej .. 66
Prędkość idealna wody przy ruchu mieszaniny podsadzkowej 68
Najkorzystniejszy stosunek mieszaniny i największa wydajność instalacji podsadzkowej 70
Mieszanina podsadzkowa jako ciecz ciężka 70
Zestawienie oznaczeń i wzorów prof. Budryka 70

VI. PRAKTYCZNE OBLICZENIA ROROCIĄGÓW PODSADZKOWYCH 75

1. Uproszczony sposób obliczania rurociągów podsadzkowych 75
Wielkości podstawowe 75
Najkorzystniejszy stosunek mieszaniny piasku i wody 76
Największa wydajność rurociągu podsadzkowego 77
Przykłady 79
Wnioski 81
2. Nomogram Kwaśniewicza 81
3. Praktyczny sposób określenia wydajności rurociągów podsadzkowych .. 82

VII. RUROCIĄGI PODSADZKOWE 83

1. Czynniki wpływające na zużycie rur podsadzkowych 83
2. Typy rur podsadzkowych 85
3. Kolana rur podsadzkowych 97
4. Kształtowe rury podsadzkowe i osprzęt 98
5. Ścieranie ścianek rur podsadzkowych i zużycie rur 100
6. Znaczenie średnicy, grubości ścianki oraz długości rur podsadzkowych 104
7. Zatkanie rurociągów podsadzkowych 109
8. Kontrola rurociągów podsadzkowych 110
9. Uwagi ogólne o gospodarce rurociągami podsadzkowymi 111
10. Normy pracy rurarzy podsadzkowych 114
Uwagi ogólne 114
Budowanie głównego rurociągu podsadzkowego 114
Wymiana rur w głównych rurociągach podsadzkowych 115
Obracanie rur w głównych rurociągach 116
Budowa rurociągów polowych 116
Rozbiórka rurociągów polowych 117
Rabowanie rur z tam podsadzkowych 117
Wymiana uszczelek 117
Współczynniki 118

VIII. TAMY PODSADZKOWE 119

1. Rodzaje tam podsadzkowych 119
2. Zadanie tam podsadzkowych i ich konstrukcja 125
3. Urządzenia do odpuszczania wody z miejsc podsadzanych 130
4. Zużycie materiałów i koszty tam podsadzkowych 131
5. Uwagi o gospodarce przy robotach tamiarskich 132
6. Normy pracy tamiarzy podsadzkowych 134
Uwagi ogólne 134
Budowanie tam zabierkowych i chodnikowych 134
Budowanie tam ścianowych czołowych 135
Budowanie tam ścianowych bocznych 136
Budowanie przytamek 136
Budowanie tam wygradzających chodnik czyli tzw. bud 137
Układanie lutni i kominów podsadzkowych 138
Układanie koryt podsadzkowych 138

IX. PODSADZANIE 140

1. Przygotowanie miejsc podsadzanych i sposoby podsadzania 140
2. Stopień wykorzystania obsady przy urządzeniach podsadzkowych 145
3. Niektóre dane statystyczne i ewidencja podsadzanych miejsc 145

X. OCZYSZCZANIE WODY PODSADZKOWEJ 147

1. Ujęcie wody podczas podsadzania 147
2. Rodzaje osadników 147
3. Uwagi ogólne o oczyszczaniu wody podsadzkowej 154

XI. KOSZTY I WYDAJNOŚĆ PODSADZKI PŁYNNEJ 156

1. Uwagi ogólne o układzie kosztów podsadzki płynnej 156
2. Ujmowanie kosztów na przykładowej kopalni 156

XII. ROLA PODSADZKI PŁYNNEJ W GÓRNICTWIE WĘGLOWYM 161

1. Porównanie podsadzki płynnej z suchą 161
   Zużycie różnego rodzaju materiału podsadzkowego 161
   Wzajemny stosunek obłożenia robót urabiania i podsadzania 161
   Wydajność różnych rodzajów podsadzki i koszty 162
   Podporność podsadzki (stopień ściśliwości podsadzki) 163
   Zastosowanie podsadzki do grubych pokładów 164
2. Czynniki wpływające na eksploatację grubych pokładów z podsadzką płynną 165
3. Uwagi o właściwym postawieniu zagadnienia podsadzki płynnej w praktyce 167

XIII. WAŻNOŚĆ ZAGADNIENIA PODSADZKI W POLSKIM GÓRNICTWIE WĘGLOWYM 169

Literatura 174

SPIS TABLIC

Str.

Tablica 1 — Koszty ruchowe podsadzki płynnej w zł/m³ na przykładowej kopani (przeciętnie za lata 1935—39) (wkładka) po str. 156

Tablica 2 — Rozwój kosztów podsadzki płynnej w zł/m³ na przykładowej kopalni oraz ważniejsze dane statystyczne w latach od 1929—39 (wkładka) po str. 160

Tablica 3 — Podsadzka w polskim górnictwie węglowym w roku 1946 i pierwszym półroczu roku 1947 (wkładka) po str. 168

Tablica 4 — Zapas węgla do wybierania na podsadzkę płynną w Zagłębiu Górno-śląskim na poziomach istniejących i nowych w dziesięcioleciu 173

SPIS RYSUNKÓW

Str.

Rys. 1. Monitor podsadzkowy (wg tymczasowej normy NGW 1861) 18
Rys. 2. Monitor podsadzkowy (na 10 at) 19
Rys. 3. Czerparka łyżkowa na szynach (elektryczna) 20
Rys. 4. Czerparka łyżkowa na gąsienicach (elektryczna) 21
Rys. 5. Czerparka łyżkowa na gąsienicach (parowa) 22
Rys. 6. Schematyczny szkic czerparki łyżkowej 22
Rys. 7. Czerparka wieloczerpakowa z kołem czerpakowym 24
Rys. 8. Czerparka wieloczerpakowa, nadpoziomowa, nasiębierna 25
Rys. 9. Czerparka wieloczerpakowa, nadpoziomowa, podsiębierna 26
Rys. 10. Czerparka wieloczerpakowa, podpoziomowa 27
Rys. 11. Czerparka wieloczerpakowa, podpoziomowa 27
Rys. 12. Czerparka wieloczerpakowa, podpoziomowa 28
Rys. 13. Czerparka wieloczerpakowa, podpoziomowa 29
Rys. 14. Czerparka wieloczerpakowa, podpoziomowa 29
Rys. 15. Czerparka wieloczerpakowa, przeładunkowa 30
Rys. 16. Czerparka wieloczerpakowa, podpoziomowa 30
Rys. 17. Czerparka wieloczerpakowa, podpoziomowa 31
Rys. 18. Ręczne przesuwanie torów przy użyciu kozłów z dźwignią 32
Rys. 19. Mechaniczne przesuwanie torów; przesuwnica torów w czasie pracy .. 33
Rys. 20. Mechaniczne przesuwanie torów; tor przesunięty po jednorazowym przejechaniu przesuwnicy torów 33
Rys. 21. Elektrowóz — Tor 1435 mm, moc 410 KM, prąd stały 550 woltów 38
Rys. 22. Elektrowóz — Tor 900 mm, moc 555 KM, prąd zmienny 3000 woltów .. 38
Rys. 23. Wóz piaskowy na tor 785 mm; wyładowanie ręczne boczne; pojemność 10 m³; 4 osie 39
Rys. 24. Wóz piaskowy na tor 785 mm (ten sam co na rys. 23); widok na dźwignie przytrzymujące ściany boczne 39
Rys. 25. Wóz piaskowy — 5 m³ na tor 750 mm; wyładowanie ręczne, boczne z przechyleniem skrzyni 40
Rys. 26. Wóz piaskowy — 3 m³ na tor 750 mm; wyładowanie ręczne, boczne z przechyleniem skrzyni 40
Rys. 27. Wóz piaskowy — 25 m³ na tor 900 mm; wyładowanie ręczne, boczne, z jednostronnym przechyleniem skrzyni; widok w czasie wyładunku 41
Rys. 28. Wóz piaskowy — 25 m³ na tor 900 mm (ten sam co na rys. 25); widok po wyładowaniu piasku 41
Rys. 29. Wozy piaskowe — 25 m³ na tor 1435 mm; typ pyskowicki, 3-osiowy; wyładowanie automatyczne przez podniesienie skrzyni na szynach kierowniczych mostu wyładowczego 42
Rys. 30. Wozy piaskowe — 25 m³; typ pyskowicki; w czasie ładowania pod czerparką 42
Rys. 31. Wóz piaskowy, 3-osiowy, samowyładowawczy (wkładka) po str. 44
Rys. 32. Most wyładowczy (ten sam co na rys. 33); widok na szyny kierownicze 46
Rys. 33. Most wyładowczy do wozów piaskowych typu pyskowickiego; widok ogólny 47
Rys. 34. Most do samoczynnego wyładowania 6 m³ wozów piaskowych; tor 1000 mm; widok ogólny 47
Rys. 35. Most do samoczynnego wyładowania wozów piaskowych (ten sam co na rys. 34); widok na szyny kierownicze 48
Rys. 36. Most wyładowczy do różnego typu wozów piaskowych z wyładowaniem ręcznym; widok ogólny 48
Rys. 37. *a* — most samowyładowczy dla wozów piaskowych typu pyskowickiego; *b* — przekrój poprzeczny mostu z pokazaniem wozu w czasie wyładunku (wkładka) po str. 48
Rys. 38. Most wyładowczy (ten sam co na rys. 36); widok w czasie wyładowania wozów piaskowych 49
Rys. 39. Schemat doświadczalnego urządzenia zmywczego pomysłu inż. J. Galanki i inż. H. Lorka 50
Rys. 40. Zawór regulujący urządzenia zmywczego (do rys. 39) 51
Rys. 41. Zmywanie piasku monitorem w zbiorniku skarpowym 53

Str.
Rys. 42. Schemat urządzenia podsadzkowni ze zbiornikiem skarpowym 55
Rys. 43. Schemat podsadzkowni ze zbiornikiem komorowym 57
Rys. 44. Profil podłużny rurociągu 64
Rys. 45. Worki powietrzne ruchome (wg prof. Budryka) 67
Rys. 46. Worki powietrzne stałe (wg prof. Budryka) 68
Rys. 47. Rozkład ciśnień przy workach powietrznych stałych (wg prof. Budryka) 68
Rys. 48. Nomogram do obliczania prędkości idealnej (wg prof. Budryka) 74
Rys. 49. Najkorzystniejszy stosunek mieszaniny piasku i wody 76
Rys. 50. Wykresy do obliczania największej wydajności rurociągu 78
Rys. 51. Schemat rurociągu podsadzkowego do przykładu 1 80
Rys. 52. Schemat rurociągu podsadzkowego do przykładu 2 80
Rys. 53. Praktyczny sposób określenia wydajności rurociągów podsadzkowych (wkładka) po str. 80
Rys. 54. Typy rur podsadzkowych ..... 86—95
Rys. 55. Rura skrzydlata 99
Rys. 56. Przerywacz 150 100
Rys. 57. Wyniki pomiarów starcia ścianki rur podsadzkowych okrągłych ∅ = 150 mm przy różnych kątach nachylenia rurociągu 101
Rys. 58. Krzywe ścierania ścianki rur podsadzkowych okrągłych przy różnych kątach nachylenia rurociągu 102
Rys. 59. Krzywa zużycia rur podsadzkowych w zależności od kąta nachylenia rurociągu (m^3/mm starcia ścianki) 102
Rys. 60. Czołowa tama ścianowa płócienna ..... 120—121
Rys. 61. Tama zabierkowa, nierozbieralna (na piasku) 122
Rys. 62. Tama zabierkowa rozbieralna (na piasku) 123
Rys. 63. Tama wygradzająca chodnik tzw. buda (po spodku) 123
Rys. 64. Wybieranie zabierek bez nogi przy pomocy tam siatkowych 124
Rys. 65. Wykonywanie wrębu pionowego przy pomocy tam siatkowych 125
Rys. 66. Stawianie tamy podsadzkowej na piasku 126
Rys. 67. Płytowa tama rozbieralna 127
Rys. 68. Tama podsadzkowa z płótna jutowego 128
Rys. 69. Rozparcie tamy chodnikowej 128
Rys. 70. Linki do umocowania rygli i podciągów 129
Rys. 71. Rozparcie tam ścianowych 129
Rys. 72. Podsadzanie przez przebitkę 141
Rys. 73. Wysoka tama zabierkowa 143
Rys. 74. Podsadzanie zabierki pod ciśnieniem 144
Rys. 75. Puszczenie wody podsadzkowej przez stare zawały 148
Rys. 76. Zespół chodników osadnikowych 149
Rys. 77. Osadniki zabierkowe 150
Rys. 78. Osadniki komorowe z urządzeniem mechanicznym do usuwania szlamu 152
Rys. 79. Schemat osadników komorowych 153
Rys. 80. Urządzenie do usuwania szlamu z osadników komorowych (wkładka) po str. 156
Rys. 81. Koszty ruchowe podsadzki płynnej w zł/m^3 na przykładowej kopalni (przeciętnie za lata 1935—39) 157
Rys. 82. Rozwój kosztów ruchowych podsadzki płynnej w zł/m^3 na przykładowej kopalni w latach 1929—38 158
Rys. 83. Ważniejsze dane statystyczne podsadzki płynnej na przykładowej kopalni za lata 1929—38 159
Rys. 84. Rozdział zapasów w procentach w Zagłębiu Górno-śląskim na poziomach istniejących wg zjednoczeń bez uwzględnienia zapasów niepewnych 170
Rys. 85. Rozdział zapasów w procentach w Zagłębiu Górno-śląskim na poziomach istniejących i nowych w dziesięcioleciu wg zjednoczeń bez uwzględnienia zapasów niepewnych 171
Rys. 86. Zapasy w Zagłębiu Górno-śląskim do 1000 m głębokości na istniejących i zakładanych kopalniach w miliardach ton 172
Rys. 87. Procent zapasów węgla do wybierania ze stosowaniem podsadzki płynnej i procent podsadzenia w pierwszym półroczu 1947 r. w Zagłębiu Górno-śląskim na poziomach istniejących 172

OD AUTORA

Podstawę do tej pracy dały w wielkiej mierze sprawozdania ruchowe, notatki, wyniki pomiarów, badań, prowadzonych według jednolitych założeń w okresie blisko 10 lat praktyki przy podsadzce płynnej na jednej z największych naszych kopalń. W ówczesnych warunkach nie można było ogłosić wyników tej pracy. Na szczęście materiały te, wyrzucone przez okupanta do piwnic jako makulatura, przetrwały wojnę i wróciły do moich rąk dzięki zainteresowaniu się nimi kierownika robót górniczych, Wojciecha Sałka, za co mu składam serdeczne podziękowanie.

Wydaje mi się, że przy braku u nas literatury fachowej praca ta może przynajmniej w skromnym zakresie stanowić przyczynek do wiedzy górniczej.

Oddając tę pracę na użytek kolegom inżynierom i technikom pragnę wezwać ich do skrzętnego prowadzenia obserwacji i zapisków w czasie mozolnej pracy codziennej, gdyż wiele jest jeszcze zagadnień w górnictwie, które muszą być bardziej szczegółowo opracowane.

Podanie tych obserwacji i wyników praktycznej pracy do wiadomości ogółu przyczyni się niewątpliwie do dalszego postępu polskiej techniki górniczej.

Szczęść Boże!

Franciszek Jopek
inżynier górniczy

PRZEDMOWA

Należy z uznaniem powitać pojawienie się w druku pracy inż. Fr. Jopka o podsadzce płynnej. Wypełnia ona poważną lukę w literaturze fachowej nie tylko polskiej, lecz i światowej, w której w ogóle brak jest jakichkolwiek obszerniejszych prac z dziedziny podsadzki płynnej.

Brak jakiegokolwiek obszerniejszego dzieła lub podręcznika z tej dziedziny dawał się specjalnie odczuwać w górnictwie węglowym polskim, które jest nie tylko ojczyzną podsadzki płynnej, lecz i głównym terenem jej stosowania w świecie oraz wzorem dla innych zagłębi węglowych. Uzupełnienie tego braku w chwili obecnej ma tym większe znaczenie, że zbiega się z ogromną rozbudową urządzeń podsadzkowych w naszych kopalniach, a to w związku z będącym w toku realizowaniem gigantycznego planu eksploatacji złóż piaskowych Pustyni Błędowskiej.

Pracę swą inż. Jopek oparł zarówno na własnym bogatym doświadczeniu z okresu przedwojennego, jak i na materiałach zebranych w czasie obecnym z całości Górno-śląskiego Zagłębia Węglowego. Swoje spostrzeżenia i cenne uwagi uzupełnił poza tym autor obszernym streszczeniem prac teoretycznych, jakie pojawiły się w ubiegłych latach w polskiej literaturze górniczej.

W ten sposób powstała praca daje wyczerpujący pogląd na całokształt dziedziny posadzki płynnej, a tym samym powinna stać się nieodzownym podręcznikiem dla inżynierów, studentów i techników górniczych.

Prof. dr inż. Witold Budryk

I. UWAGI OGÓLNE O PODSADZCE

Przez podsadzkę w górnictwie rozumie się materiał, którym zapełnia się puste przestrzenie po wybraniu kopaliny użytecznej.

Do podsadzania używa się skały płonnej, urabianej równocześnie z kopaliną użyteczną, względnie skały otaczającej złoże użyteczne, wreszcie skały płonnej z różnego rodzaju wyrobisk przygotowawczych, odpadów z przeróbki mechanicznej minerałów użytecznych, popiołu, żużla i innych odpadów hutniczych, a przede wszystkim materiałów specjalnie urabianych na powierzchni, jak piasek, glina, względnie materiał gliniasty, żwir, kamień łamany.

Podsadzanie stosuje się w systemach eksploatacji, mających na celu ochronę stropu przed jego opuszczaniem się, względnie wywołanie odpowiedniego ugięcia się stropu. Podsadzania wymaga strop sztywny, składający się ze skał zwięzłych i mocnych, jak również strop giętki, złożony ze skał plastycznych lub uginających się. Również i strop kruchy przy skałach słabych może być podsadzany, szczególnie jeżeli chodzi o ochronę powierzchni.

Jeżeli w stropie są skały mieszane, np. słabe i zwięzłe, a bezpośrednio nad złożem miąższość skał słabych jest mniejsza niż 7 — 8-krotna grubość złoża, np. pokładu węgla (warunek umożliwiający tzw. samopodsadzanie), to podsadzka będzie również potrzebna dla opanowania stropu zasadniczego, złożonego ze skał zwięzłych, zwłaszcza przy większej ich grubości.

Na koniec osobny rozdział stanowi potrzeba podsadzki przy wybieraniu pokładów węgla o grubości powyżej 3 — 3,5 m ze względu na uniknięcie strat przy eksploatacji.

W zależności od stosunku wypełniania wyrobiska (w całości, czy też tylko częściowo) rozróżnia się *podsadzkę częściową i podsadzkę pełną*. Ze względu na środki użyte przy wykonaniu podsadzania dzieli się podsadzkę na *ręczną i mechaniczną*. Podsadzkę mechaniczną, w zależności od sposobu, transportu i podsadzania, dzieli się na *podsadzkę suchą* i *podsadzkę płynną*, zwaną również *zamułką*. Podsadzka ręczna należy do kategorii podsadzki suchej. Podsadzka sucha — mechaniczna, w zależności od sposobu wyrzucania jej do wyrobiska, może być *podsadzką dmuchaną i podsadzką miotaną*.

Podsadzka płynna polega na transportowaniu materiału podsadzkowego w rurach za pomocą strumienia wody oraz na osadzeniu przez wodę tego materiału w wyrobisku.

W górnictwie węglowym odgrywa podsadzka bardzo ważną rolę i to zarówno przy wybieraniu pokładów cienkich, jak też szczególnie przy pokładach grubych. W warunkach Zagłębia Górno-śląskiego podsadzka płynna odgrywa szczególnie ważną rolę ze względu na ilość i grubość

pokładów węglowych. Na Dolnym Śląsku raczej podsadzka dmuchana względnie miotana ma większe zastosowanie.

Przy podsadzce istotą rzeczy jest wypełnienie wyrobiska materiałem podsadzkowym. Pomijając tzw. podsadzkę częściową, która ma zwykle odrębne zadanie — częściowe ugięcie względnie opuszczenie stropu w sposób powolny a nie nagły — przy każdej pełnej podsadzce ze względu na osiadanie stropu znaczenie mają *szczelność podsadzenia* i *ściśliwość podsadzki.*

Przy podsadzaniu wyrobiska nie zawsze istnieje możliwość takiego wypełnienia go, ażeby materiał podsadzkowy zajmował 100% wolnej przestrzeni. Wpływa na to w pierwszym rzędzie charakterystyka użytego materiału (wielkość kawałków i ziarn), dalej struktura stropu (czy jest równy), ponadto wielkość upadu danego wyrobiska, pozostawione części obudowy, sposób wykonania podsadzenia itp. Te czynniki wpływają mniej lub więcej, zależnie od warunków, na to, że pewna część przestrzeni pod stropem może być niewypełniona, czyli że podsadzenie jest nieszczelne.

Jeżeli chodzi o *ściśliwość podsadzki,* to należy sobie uprzytomnić stan rozluzowania materiału podsadzkowego. Materiał urobiony zajmuje zawsze większą objętość niż w caliźnie. Wiadomo, że tzw. współczynnik rozluzowania przy łupkach gliniastych wynosi około 1,5, przy łupkach piaszczystych około 1,5 — 2, a przy górotworze zwięzłym (np. piaskowce, konglomeraty) nawet 2 — 2,5. Również przy skałach sypkich, jak piasek, następuje powiększenie objętości 1,1 — 1,2. Natomiast piasek kwarcowy osadzony pod wodą ma tylko nieznacznie powiększoną objętość (zaledwie kilka procent).

Przez wypełnienie wyrobiska materiałem mniej lub więcej rozluzowanym nie otrzymuje się takiego stanu, jaki był poprzednio w caliźnie. Dopiero po poddaniu tego materiału ciśnieniu, jakie wywoła osiadający strop, zaistnieje po odpowiednim zmniejszeniu objętości tego materiału stan równowagi i podsadzka zyska potrzebną wytrzymałość, konieczną do podparcia stropu. Podsadzka zatem ulega ściśnięciu, czyli jest ściśliwa.

Ściśliwość podsadzki zależy od charakteru użytego materiału (rozdrobienie, wielkość uziarnienia), od sposobu wykonania podsadzki, wreszcie od ciśnienia, jakiemu zostanie ona poddana.

Zwykle w potocznym języku górniczym mówi się tylko o ściśliwości podsadzki, rozumiejąc przez to zarówno szczelność podsadzenia, jak i właściwą ściśliwość podsadzki.

Miarą ściśliwości podsadzki jest *współczynnik ściśliwości,* wyrażony w procentach różnicy objętości wtórnej w stosunku do objętości pierwotnej przestrzeni, którą zapełniono podsadzką, a praktycznie rzecz biorąc, przy wielkich przestrzeniach podsadzanych, stosunek procentowy różnicy wysokości wyrobiska po zakończeniu osiadania stropu, do wysokości pierwotnej, tj. w chwili powstawania wyrobiska.

Zasadniczo należy stwierdzić, że każda podsadzka jest w mniejszym lub większym stopniu ściśliwa i że w wyrobiskach podsadzanych nastąpi obniżenie się stropu. Im dokładniej jest wykonane podsadzenie i im mniejsza jest ściśliwość właściwa podsadzki, tym mniejsze nastąpi osiadanie stropu. Zależy to również w pewnej mierze od charakteru skał stropowych.

Praktycznie przyjmuje się ściśliwość podsadzki, w zależności od rodzaju podsadzania i charakterystyki materiału podsadzkowego oraz głębokości, na której znajdują się podsadzane miejsca, w następujący sposób:

podsadzka ręczna	50 — 70%
podsadzka dmuchana	40 — 60%
podsadzka miotana	25 — 50%
podsadzka płynna, czyli tzw. zamułka	
1. czysty piasek	5 — 10%
2. piasek i materiał gliniasty	20 — 30%
3. żużel wielkopiecowy	do 25%

Przy eksploatacji grubych pokładów, szczególnie przy systemach warstwowych (pochyłe i poziome), wymaga się podsadzki jak najmniej ściśliwej i szczególnie dobrze wykonanej.

Przy obliczaniu ilości podsadzki na objętość powstałą w chwili utworzenia wyrobiska (np. w stosunku do 1 m^3 wybranego węgla) należy również mieć na względzie pewne początkowe obniżenie się stropu (również wyciśnięcie spągu), zanim jeszcze wyrobisko zostaje podsadzone. Zależy to od rozmiarów wyrobiska, charakteru skał stropowych i okresu trwania wyrobiska do czasu podsadzenia, a w pierwszym rzędzie od podparcia stropu w części już wybranej — w starych zrobach.

Uwzględniając powyżej opisane zjawisko zmniejszenia się objętości wyrobiska i nieszczelność podsadzenia otrzymuje się w praktyce, przy różnych rodzajach podsadzki, ilość potrzebnego materiału podsadzkowego w stosunku do pustki powstałej w chwili wybrania złoża, jak następuje:

podsadzka ręczna	0,45 — 0,65 m^3
podsadzka dmuchana	0,6 — 0,7 m^3
podsadzka miotana	0,5 — 0,7 m^3
podsadzka płynna	0,9 — 0,95 m^3

Dzieląc te liczby przez ciężar właściwy węgla w caliźnie, otrzymuje się zużycie materiału podsadzkowego na 1 tonę wydobycia. Przy podsadzce płynnej wypada średnio zużycie materiału podsadzkowego 0,7 — 0,75 m^3 na tonę węgla wybieranego przy stosowaniu podsadzki płynnej.

W skali całego Zagłębia Górno-śląskiego otrzymuje się statystyczne zużycie materiału podsadzkowego około 0,8 m^3 na tonę wydobywaną. Należy to tłumaczyć tym, że niekiedy materiał jest gorszy i część jego odpływa z wodą — potrzeba zatem zużyć więcej materiału — jak również — niedokładnym obliczaniem wydobycia na podsadzkę płynną, szczególnie w kopalniach pracujących częściowo z podsadzką płynną, a częściowo na zawał (np. niekiedy podaje się tylko wydobycie z wyrobisk eksploatacyjnych jako wydobycie na podsadzkę płynną, a pomija się przygotówkę itp.); także liczenie ilości materiału podsadzkowego według objętości wozów jest często źródłem wielu niedokładności.

II. URABIANIE MATERIAŁU PODSADZKOWEGO

1. UWAGI O POCZĄTKACH STOSOWANIA PODSADZKI PŁYNNEJ I MATERIALE PODSADZKOWYM

Jako pierwowzór stosowania podsadzki płynnej przytacza się w literaturze opuszczanie szlamów do starych zawalisk kopalnianych na dzisiejszej kopalni Prezydent już od roku 1880, względnie spłukiwanie odpadów z płuczki do zabierek na dole, w celu ich wypełnienia i w ten sposób zabezpieczenia przed zawałem i uszkodzeniem powierzchni na kopalni Black-Diamond w Pensylwanii w Stanach Zjednoczonych również w latach 1880 — 84.

Początki podsadzki płynnej w takim charakterze, w jakim ona dziś jest stosowana, sięgają ostatniego dziesiątka XIX stulecia, a miejscem jej pierwszego zastosowania są kopalnie Dąbrowskiego Okręgu Zagłębia Górno-śląskiego. Niemcy podają rok 1901 jako początek zastosowania podsadzki płynnej na kopalni Mysłowice.

Według inż. B. Krupińskiego przebieg pierwszych początków podsadzki płynnej w grubych zarysach był następujący:

W roku 1894 na dzisiejszej kopalni Gen. Zawadzki wybuchł na dole pożar ugaszony w ten sposób, że drewnianymi korytami opuszczono do zaognionych wyrobisk z powierzchni piasek, transportując go wodą. Sposób ten zapożyczono z kopalni Niwka, gdzie już przedtem przypadkowo zamulały się wyrobiska w pokładzie 510, który ma tu swoje wychody na powierzchnię, i gdzie bezpośrednio nad wychodami zalegają piaski rzeczne. Wskutek zawalania się wyrobisk w pokładzie 510 następowało przerywanie się piasków z wodą do zrobów i ich podsadzanie.

To samoczynne działanie przyrody wypróbowano na wspomnianej kopalni Gen.Zawadzki i zastosowano następnie jako podsadzkę na kopalni Mysłowice, a wkrótce potem na kopalni Kazimierz. Po drewnianych korytach pierwszej fazy przyszła wkrótce kolej na rury podsadzkowe.

Pierwszym teoretykiem podsadzki płynnej, który zastosował ją w szerokich rozmiarach, był inż. Tyszka, zawiadowca kopalni Kazimierz.

Na tej kopalni zastosowano do urabiania piasku łódź na stawie. Doświadczenie to zostało powtórzone na rzece Przemszy, na kopalni Niwka.

Na kopalni Niwka urodziła się też w trzecim dziesiątku lat obecnego stulecia teoria podsadzki płynnej prof. W. Budryka w takiej formie, w jakiej stosuje się ją dzisiaj do obliczania przebiegu procesów podsadzania.

Można zatem stwierdzić z całą stanowczością, że podsadzka płynna — ta wielka zdobycz górnictwa — powinna być w całości zapisana na dobro polskiego górnika.

Rozwój podsadzki płynnej w Zagłębiu Górno-śląskim idzie niezwykle szybkim krokiem. W roku 1911 już około 19% węgla wydobyto przy użyciu podsadzki, a w roku 1912 zużywano około 27 000 m^3 materiału pod-

sadzkowego na dzień roboczy (bez uwzględnienia Okręgu Dąbrowskiego), przy około 220 km rurociągów podsadzkowych.

Jako materiał podsadzkowy mogą służyć:
piasek czysty lub gliniasty,
glina czysta, zbita,
żużle wielkopiecowe,
odpady z hut i kopalń cynkowych,
materiał ze starych zwałów kopalnianych,
kamień wywieziony z kopalń (odpowiednio skruszony),
hałdy kopalniane,
odpady z płuczek i sortowni,
popiół,
zwietrzałe skały urobione w kamieniołomach.

Najważniejszym materiałem podsadzkowym, tak ze względu na praktyczną łatwość użycia go, jak i na wyniki, jakie daje pod względem ściśliwości podsadzki, jest piasek i ten jest zasadniczo stosowany. Inne rodzaje materiałów odgrywają małą rolę i są używane raczej jako domieszka do piasku. Zresztą materiały odpadkowe, będące do dyspozycji na kopalniach nie wystarczyłyby do podsadzania wobec dużego zapotrzebowania na materiał podsadzkowy. Niemniej jednak przy coraz większym zapotrzebowaniu materiału podsadzkowego w naszych kopalniach należy brać pod uwagę zużycie wszelkich odpadów i hałd, co również przyczyniłoby się do lepszego wyglądu okolic o silnym zagęszczeniu kopalń.

2. SPOSOBY URABIANIA MATERIAŁU PODSADZKOWEGO

Do urabiania wielkich ilości piasku do podsadzki powstają *piaskownie*, gdzie wydobywa się go w sposób mechaniczny. W początkach stosowania podsadzki płynnej, kiedy zużywano mniej piasku, zakładano piaskownie w pobliżu kopalń. W miarę jednak wyczerpywania się tych zapasów piasku wynikła potrzeba sprowadzania go z dalszych odległości (do 30 km) i w ten sposób powstały wielkie piaskownie, wyposażone w maszyny do urabiania o dużej wydajności, połączone z kopalniami liniami kolejowymi, na których silne lokomotywy parowe, czy też elektryczne przewożą całe pociągi piaskowe (do 500 m^3).

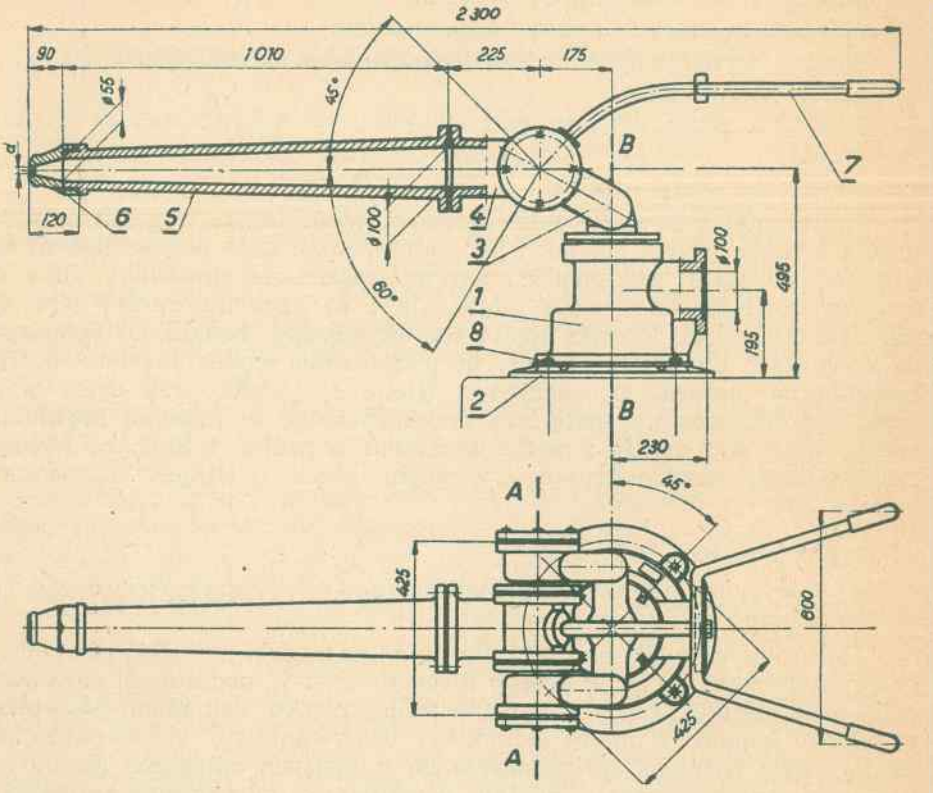
Piasek należy do skał sypkich, które na wielką skalę można urabiać dwoma sposobami

a. hydraulicznie — przy pomocy monitorów,
b. maszynowo — za pomocą łopat mechanicznych, zgarniaczy i czerparek.

W początkowym rozwoju podsadzki płynnej zakładano piaskownie z hydraulicznym urabianiem piasku w pobliżu miejsc opuszczania zamułki do kopalń. W miarę jednak wyczerpywania się tych złóż stracił ów sposób na znaczeniu i dziś jest stosowany jako pomocniczy do spłukiwania materiału podsadzkowego, przywiezionego koleją z piaskowni do zbiornika, gdzie przygotowuje się mieszaninę podsadzkową i opuszcza się ją na dół kopalni.

3. SPOSÓB HYDRAULICZNY URABIANIA PIASKU

Polega on na tym, że woda pod ciśnieniem do 15 a nawet 20 i więcej atmosfer wyrzucana przy pomocy monitora na skarpę złoża piasku, czy też zwał piasku w zbiorniku, rozluźnia siłą uderzenia materiał i spłukuje go do miejsca zużycia.



Rys. 1. Monitor podsadzkowy (wg tymczasowej normy NGW 1861)

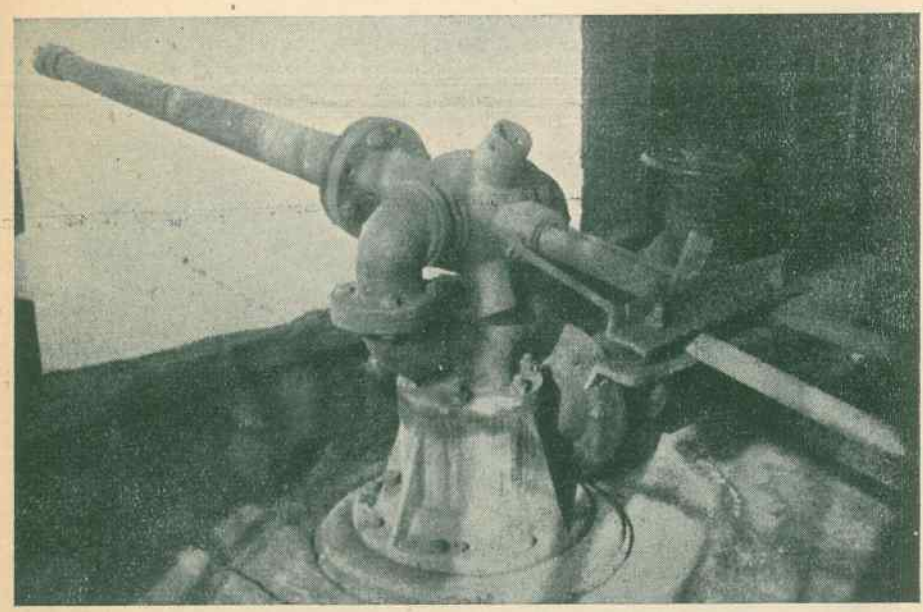
1 — kadłub, 2 — płyta podstawowa, 1 i 2 — podstawa, 3 — rozgałęźnik obrotowy, 4 — przegub, 3 i 4 — hełm, 5 — prądownica, 6 — dysza (wymienna), 7 — drążek kierowniczy, 8 — śruby fundamentowe M 20

Monitor (rys. 1 i 2) jest to urządzenie do wyrzucania wody pod ciśnieniem, którego istotną częścią jest rura stożkowa, zakończona dyszą (15 — 30 mm Ø) i połączona przy pomocy tzw. hełmu z podstawą, w której znajduje się doprowadzenie wody z rurociągu. Wszystkie połączenia są tak wykonane, że można w szerokich granicach dowolnie nastawiać strumień wody (możliwy jest obrót w płaszczyźnie poziomej do 360°, a w pionowej do 90 — 105°). Przy pracy monitorem powstaje od razu gotowa mieszanina podsadzkowa, która przy spadzie od 7 — 8° porusza się samoczynnie wprost po podłożu lub w korytach (fludrach).

Zasięg tego sposobu urabiania jest niewielki. Traci się przede wszystkim na miąższości urabianego złoża (potrzeba upadu około 7°), o ile jest

ono poziome, a ponadto przy stosunkowo niewielkim upadzie samoczynne przenoszenie mieszaniny odbywa się najwyżej na odległość 100 m.

Niekiedy można zwiększyć ten zasięg urabiania przy pomocy tzw. podnośników hydraulicznych, zbudowanych na zasadzie inżektora. Jednakże wysokość, na którą można podnieść mieszaninę podsadzkową takim urządzeniem, jest niewielka (niewiele ponad 10 m); powiększa się przy tym znacznie ilość zużytej wody i otrzymuje się mieszaninę za rzadką.



Rys. 2. Monitor podsadzkowy (na 10 at)

Wydajność monitora wynosi do 100 i więcej m^3 na godzinę, zależnie od ciśnienia wody i miąższości urabianego piasku. Dzięki temu, że nie trzeba wielkiej obsługi (1 — 2 ludzi), koszt urabiania piasku monitorem stanowi 1/6 do 1/10 części kosztów wykonania tej pracy maszynami. Jednakże ze względu na niewielki zasięg stosuje się dziś rzadko urabianie złoża piasku monitorem.

4. SPOSÓB MASZYNOWY URABIANIA MATERIAŁU PODSADZKOWEGO

W naszych warunkach urabianie materiału podsadzkowego wymaga zastosowania czerparek. Wykonują one podczas urabiania zasadniczo następujące czynności: oderwanie skały, podniesienie urobku na pewną wysokość, przeniesienie go na niewielką stosunkowo odległość i wyładowanie, przy czym cała maszyna porusza się w czasie pracy wzdłuż przodka,

bądź za przodkiem. Istotną częścią roboczą czerparki jest czerpak względnie czerpaki (wiaderka, kubełki), które wrzynają się w skałę i oddzielają ją od calizny.

Wszystkie czerparki, stosowane przy urabianiu materiału podsadzkowego można podzielić na czerparki jednoczerpakowe i czerparki wieloczerpakowe.

CZERPARKI JEDNOCZERPAKOWE

Czerparki jednoczerpakowe albo łyżkowe, zwane również łopatami mechanicznymi, wykonują ruchy, przypominające ruch łopaty. Wynaleziono je w Ameryce w 1834 r. (Otis) i tam też znajdują najszersze zastosowanie.

Rys. 3. Czerparka łyżkowa na szynach (elektryczna)
Pojemność łyżki — 2,1 m³, wydajność teoretyczna — 160 m³/godz, wydajność praktyczna — 840 m³/8 godz, moc instalacji — 140 KM

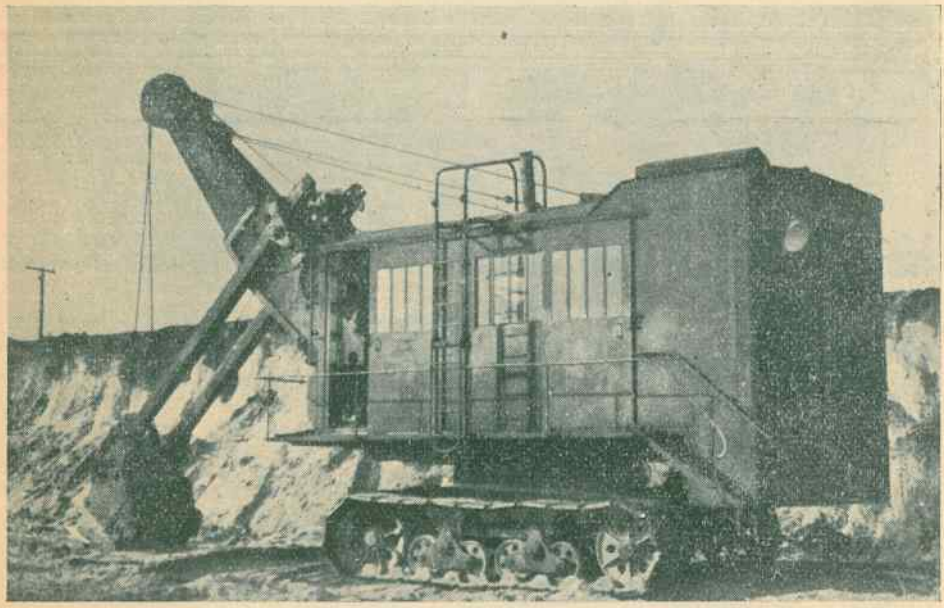
W czasie ruchu roboczego czerpak, tworzący wraz z ruchomymi drążkami zębatymi łyżkę, posuwa się w kierunku od maszyny do skarpy i nabiera urobek od dołu do góry tej skarpy. Po napełnieniu czerpaka urobkiem obraca się cała obrotowa część czerparki i wysypuje urobek do wozów.

Napęd maszynowy może być parowy, elektryczny lub spalinowy. Przy napędzie elektrycznym, stosowanym obecnie prawie wyłącznie przy większych czerparkach tego typu, są zwykle trzy motory do wykonania

wszystkich ruchów czerpaka oraz posuwania czerparki naprzód. Specjalnej uwagi wymaga tu obchodzenie się z kablem, doprowadzającym prąd do maszyny.

Czerparka pracuje równolegle do zasadniczego kierunku ściany, wzdłuż której w pewnej odległości w zależności od zasięgu czerpaka jest ułożony tor kolejowy. Może ona również być użyta do robienia czołowo wykopu w caliźnie.

Czerparka łyżkowa porusza się albo na kołach po spodzie wyrobiska względnie po osobnym torze kolejowym, albo też na gąsienicach (rys. 3, 4 i 5).

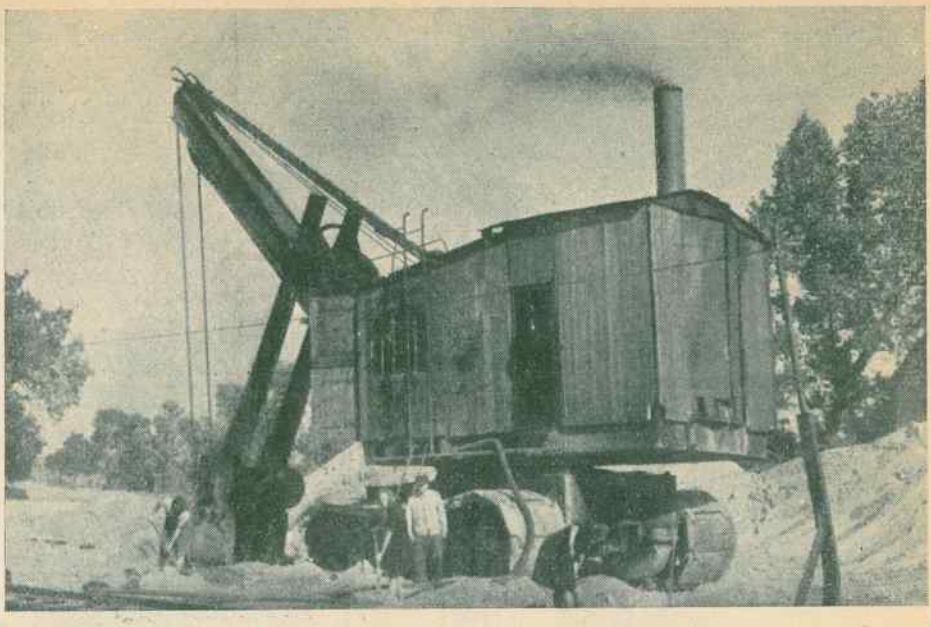


Rys. 4. Czerparka łyżkowa na gąsienicach (elektryczna)

Pojemność łyżki — 1,4 m³, wydajność teoretyczna — 145 m³/godz, wydajność praktyczna — 650 m³/8 godz, moc instalacji — 265 KM

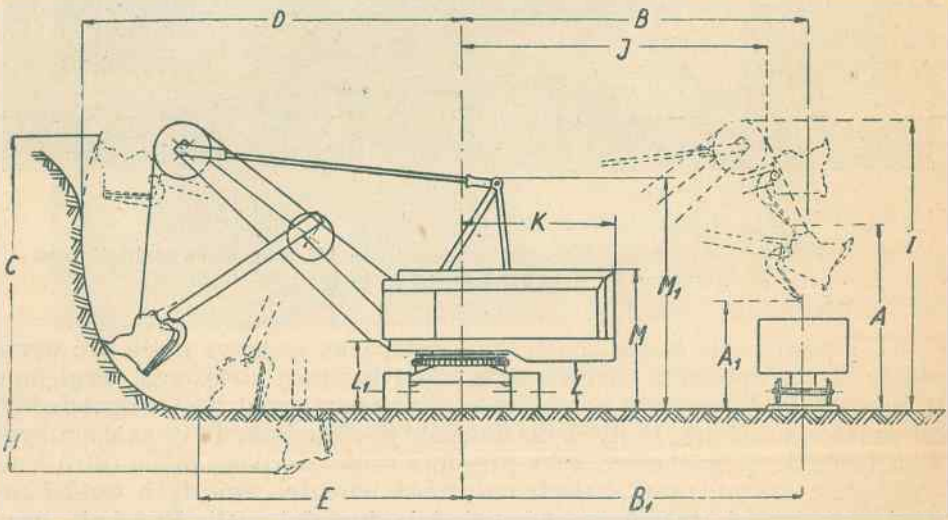
Ze względu na swoją konstrukcję czerparka łyżkowa może być użyta nie tylko do urabiania skał sypkich, ale i bardziej zwięzłych, względnie bryłowatych (stare hałdy kopalniane, zmarznięty grunt itp.). Odpowiednio do rodzaju urabianej skały wykształcony jest czerpak. Przy skałach sypkich i miękkich wystarczy, żeby przednia część czerpaka miała ostrą krawędź (tzw. hełm); przy skałach natomiast bardziej zwięzłych trzeba zaopatrzyć czerpak w zęby z odpowiednio twardej stali. Podobnie przy urabianiu materiałów żwirowatych należy też zaopatrzyć czerpak w ostre zęby.

Pojemność czerpaka jest różna, zależnie od konstrukcji czerparki, i waha się od 0,3 do 5 m³. U nas stosuje się czerpaki o pojemności od 1 do 2,5 m³. W ciągu jednej minuty czerparka nabiera 1 — 3 razy. Łączna moc silników wynosi od 100 — 300 KM.



Rys. 5. Czerparka łyżkowa na gąsienicach (parowa)

Pojemność łyżki — 2 m³, wydajność teoretyczna — 220 m³/godz, wydajność praktyczna — 1200 m³/8 godz, moc instalacji — 110 KM



Rys. 6. Schematyczny szkic czerparki łyżkowej

A A_1 — wysokość wysypu łyżki, B B_1 — zasięg wysypu łyżki, C największa wysokość skrawania, D — największy zasięg zbierania, E — zasięg zbierania na poziomie, H — głębokość zbierania pod poziomem, I — największa wysokość wysięgnika czerparki, J — największy promień obrotu wysięgnika, K — zasięg obrotu kadłuba, L L_1 — prześwit między podłożem a kadłubem, M — wysokość górnej krawędzi kadłuba od podłoża, M_1 — wysokość ogólna kadłuba z konstrukcją od podłoża

Wydajność czerparki łyżkowej zależy od pojemności czerpaka i zwięzłości skały urabianej. Według prof. Budryka można przyjąć wydajność na 1 m^3 czerpaka:

przy urabianiu piasku i żwiru . . . . 63 m^3/godz
przy urabianiu gliny . . . . . 45 — 55 m^3/godz
przy urabianiu gliny kamienistej lub
przy ładowaniu skały odstrzelonej . . 30 — 40 m^3/godz

Czerparka łyżkowa z napędem elektrycznym wymaga obsady 2 — 3 ludzi, zależnie od sposobu, w jaki porusza się czerparka (czy na gąsienicy, czy też na osobnym torze, który sobie sama przekłada).

Przy każdej czerparce łyżkowej ważne są następujące dane, charakteryzujące zasięg i sprawność wykonywanej pracy (rys. 6):

największy zasięg poziomy przy urabianiu,
największy zasięg poziomy przy wyładowaniu urobku,
największa wysokość przy wyładowaniu czerpaka do wozu (nad główką szyny),
największa wysokość skarpy, możliwej do urabiania, przy czym należy zauważyć, że przy urabianiu piasku wysokość skarpy może być znacznie większa niż przy skałach zwięzłych, ze względu na obsuwawanie się sypkiego materiału podbieranego czerpakiem od dołu.

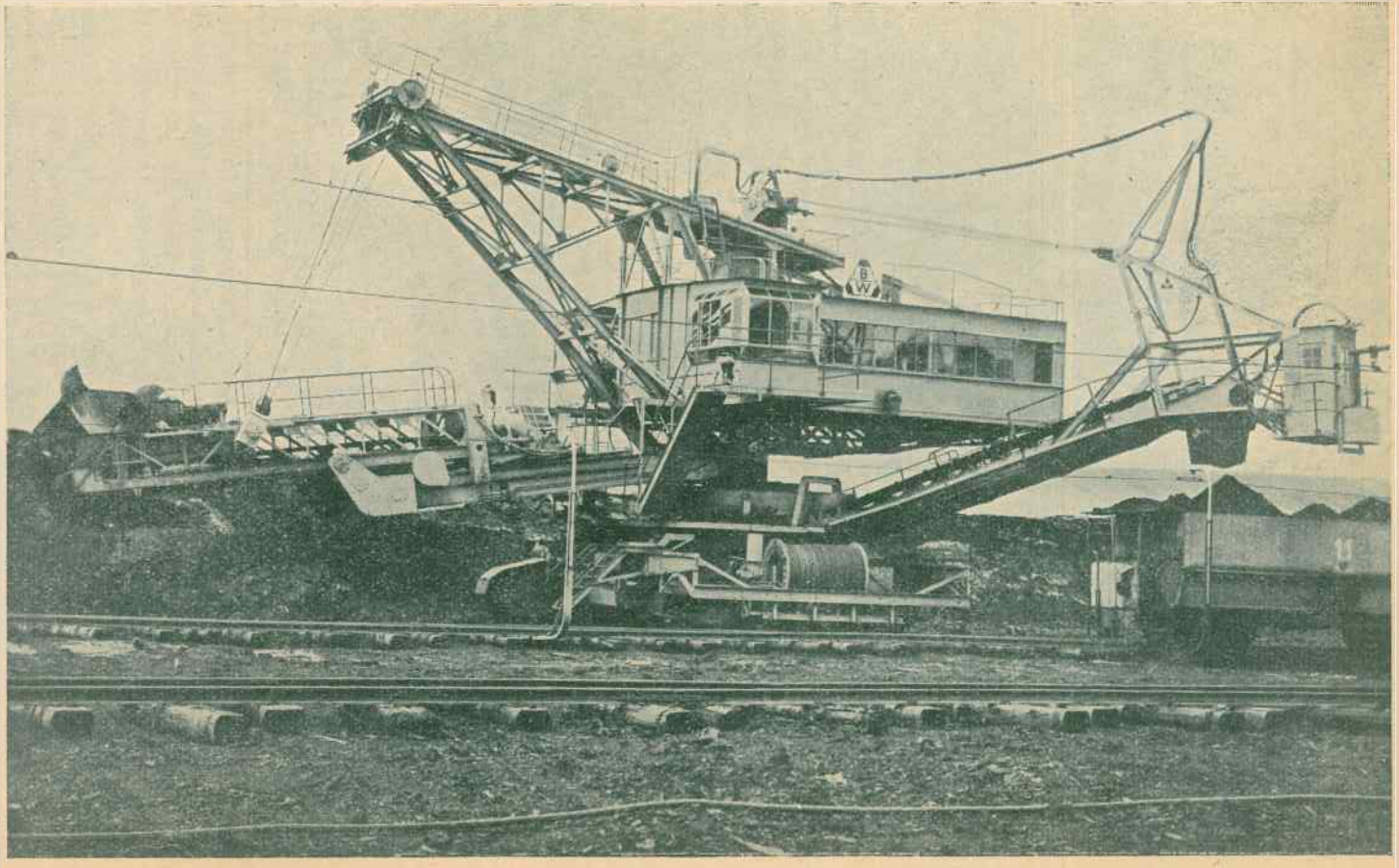
Omówione dotąd czerparki łyżkowe są używane do pracy w skarpie położonej powyżej poziomu stanowiska maszyny i te nazywają się ponadpoziomowe. Są również takie czerparki, które urabiają skarpę poniżej poziomu stanowiska maszyny i te nazywają się podpoziomowe. Wtedy urządzenie czerpakowe jest inaczej rozwiązane i czerpak nabiera urobek pod siebie, czyli jest podsiębierny. Wydajność przy tym rodzaju pracy jest zwykle niższa (20 — 30%). Niekiedy (np. do zbierania darni lub warstwy gliny) stosuje się przy czerparkach łyżkowych zamiast łyżki urządzenie chwytakowe, pracujące z ramienia na linach.

Stosuje się także zgarniacze do urabiania skały poniżej stanowiska maszyny. Zamiast urządzenia łyżkowego, czerparka ma tu długie ramię (do 50 m), przy pomocy którego pracuje zgarniacz poruszany odpowiednio na linach. Wydajność tego typu urządzenia jest mniejsza aniżeli czerparki łyżkowej (30 — 40%).

CZERPARKI WIELOCZERPAKOWE

Istotna różnica czerparek wieloczerpakowych w stosunku do jednoczerpakowych polega na tym, że maszyna wieloczerpakowa urabia ciągle, a nie okresowo jak jednoczerpakowa. Mimo więc znacznie mniejszej pojemności czerpaków (0,1 — 1,2 m^3), dzięki ciągłej pracy i większej ich ilości, wydajność czerparek wieloczerpakowych jest znaczna. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że mogą one być używane do urabiania skał sypkich, jak piaski względnie piaski gliniaste i stąd ich wielkie zastosowanie do urabiania materiału podsadzkowego. Zostały one wynalezione we Francji w r. 1860, a szczególny rozwój techniczny i zastosowanie znalazły w Niemczech.

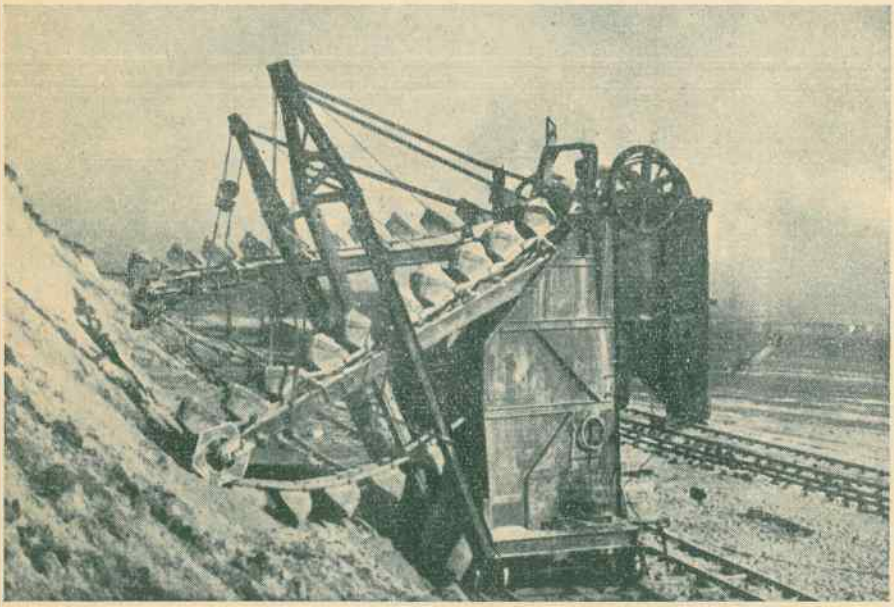
Przy urabianiu materiałów do podsadzki znalazły szerokie zastosowanie tzw. *czerparki łańcuchowe*, w których część roboczą maszyny stanowi łańcuch bez końca z przymocowanymi do niego czerpakami, (co drugie lub trzecie ogniwo) poruszający się po ramie kierowniczej stale



Rys. 7. Czerparka wieloczerpakowa z kołem czerpakowym

z prędkością 0,5 — 1 m/sek. Czerpaki są albo umocowane do łańcucha, albo stanowią wprost ogniwa łańcucha. Łańcuch z czerpakami może być naciągnięty na ramie kierowniczej albo też swobodnie zwisać. Ten ostatni sposób pozwala przy niejednorodnym gruncie pomijać miejscowe przeszkody, jak kamienie, głazy, korzenie itp.

Oprocz czerparek łańcuchowych znane są również w praktyce (kopalnia węgla brunatnego Turów) *czerparki wieloczerpakowe z kołem czerpakowym* (rys. 7). Istotną częścią tego typu czerparki jest koło, na którego obwodzie umieszczone są czerpaki. W czasie ruchu obrotowego koła,



Rys. 8 Czerparka wieloczerpakowa, nadpoziomowa, nasiębierna (dwuramienna) Pojemność czerpaka — 0,085 m³, wydajność teoretyczna — 150 m³/godz, wydajność praktyczna — 850 m³/8 godz, moc instalacji — 88 KM

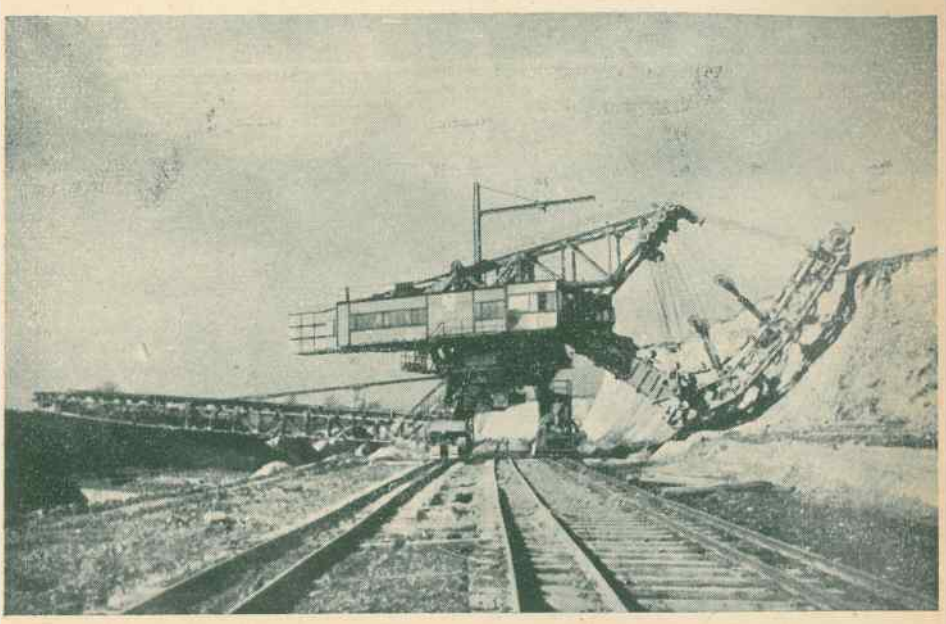
czerpaki wgryzają się w skałę, urabiając ją, a następnie wysypują urobek na przenośnik taśmowy. Ramię, na którym umocowane jest koło, może się przedłużać oraz ustawiać na odpowiedniej wysokości w płaszczyźnie pionowej. Czerparki tego typu nadają się szczególnie do urabiania skały bardziej zwięzłej.

Przy czerparkach wieloczerpakowych łańcuchowych rozróżnia się kilka typów w zależności od położenia części roboczej maszyny (ramienia roboczego) w stosunku do skarpy urabianego złoża.

Czerparki nadpoziomowe

Czerparki nadpoziomowe urabiają złoże tylko powyżej poziomu, na którym są ustawione. Tu należy jeszcze odróżnić dwa rodzaje, a to — nasiębierne i podsiębierne.

Przy *czerparkach nadpoziomowych nasiębiernych* (rys. 8) rama, po której posuwa się łańcuch z czerpakami, jest ustawiona pod pewnym kątem do skarpy urabianej, a czerpaki posuwają się, nabierając urobek z dołu do góry, podobnie jak to ma miejsce przy czerparkach łyżkowych. Przy urabianiu pracują na raz najwyżej 2 — 3 czerpaki. Urabianie złoża odbywa się w ten sposób, że czerpaki pracują u spodu skarpy, a górna część skarpy podbierana od dołu obsuwa się. Czerparki tego typu można stosować tylko przy skałach zupełnie sypkich względnie przy drobnoziarnistych, luźno usypanych.



Rys. 9. Czerparka wieloczerpakowa, nadpoziomowa, podsiębierna (może pracować jako podpoziomowa)

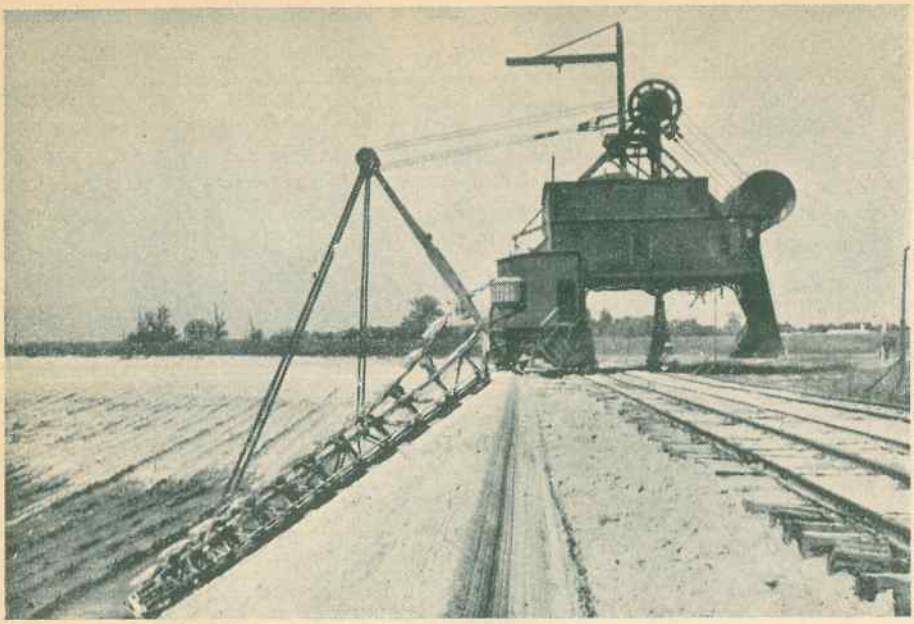
Pojemność czerpaka — 0,2 m³, wydajność teoretyczna — 350 m³/godz, wydajność praktyczna — 1800 m³/8 godz, moc instalacji — 380 KM

Czerparki nadpoziomowe podsiębierne (rys. 9) pracują w ten sposób, że łańcuch roboczy z czerpakami posuwa się po ramie ustawionej równolegle do skarpy, a czerpaki zdejmują warstwę (zeskrobują) skarpy z góry na dół, ładując materiał urobiony pod siebie. Tu pracuje na raz więcej czerpaków i ten typ nadaje się do urabiania bardziej zwięzłej skały.

Oba omówione rodzaje czerparek wymagają osobnego wykopu dla rozpoczęcia pracy. Wykop taki musi być zrobiony ręcznie albo czerparką łyżkową.

Czerparki podpoziomowe

Czerparki podpoziomowe (rys. 10 — 17) urabiają złoże poniżej poziomu ustawienia. Te nie wymagają osobnego wykopu przy rozpoczęciu pracy, gdyż mogą sobie same wykonać wykop przez odpowiednie ustawie-



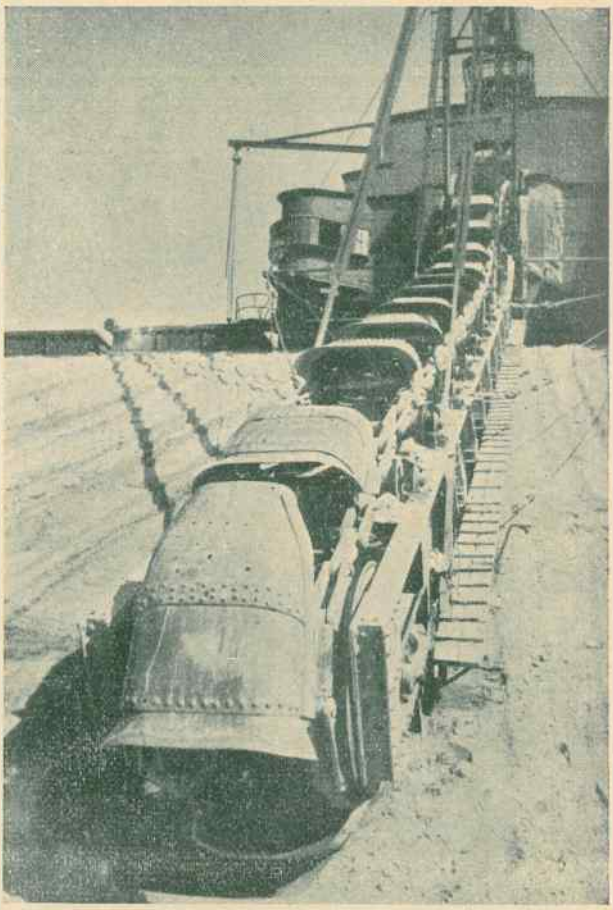
Rys. 10. Czerparka wieloczerpakowa, podpoziomowa

Pojemność czerpaka — 0,7 m^3, wydajność teoretyczna — 750 m^3/godz, wydajność praktyczna około 4800 m^3/8 godz, moc instalacji — 500 KM

Rys. 11. Czerparka wieloczerpakowa, podpoziomowa (ta sama co na rys. 10); widok w czasie ładowania wozów

nie ramienia roboczego, ale mogą być stosowane tylko przy równej powierzchni, po której się posuwają.

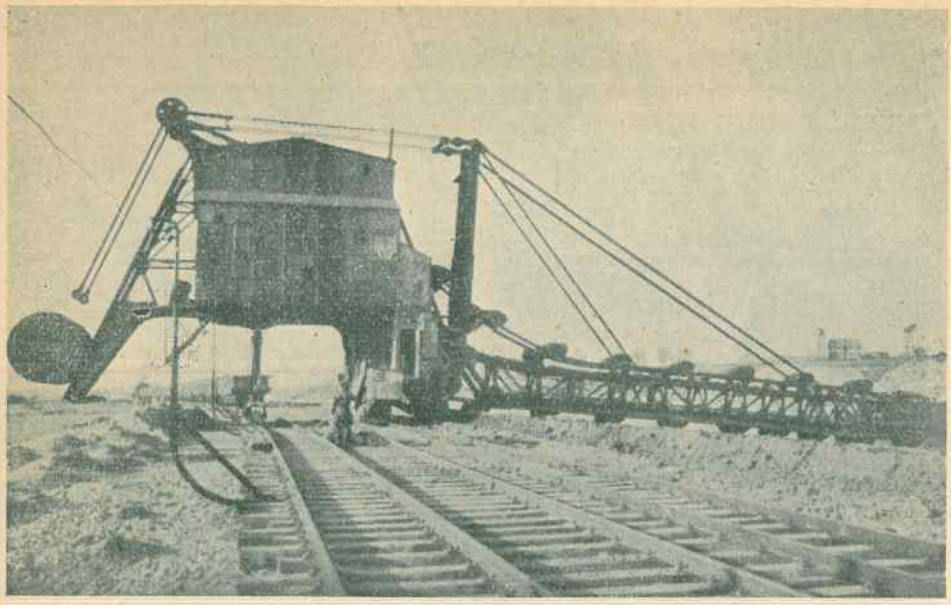
Przy tych czerparkach ramię robocze jest ustawione równolegle do skarpy i czerpaki urabiają skarpę zeskrobując cienką warstwę i ładując materiał urobiony przez to, że zsuwa się on samoczynnie do wnętrza czerpaka. Przy czerparkach podpoziomowych celem pełnego wykorzystania ich wydajności, należy trzymać skarpę możliwie stromą, gdyż przy kącie nachylenia poniżej 35° czerpaki nie zostają całkowicie napełnione, a część urobku wysypuje się z nich przy torze czerparki.



Rys. 12. Czerparka wieloczerpakowa, podpoziomowa (ta sama co na rys. 10); widok na ramię robocze z łańcuchem czerpakowym

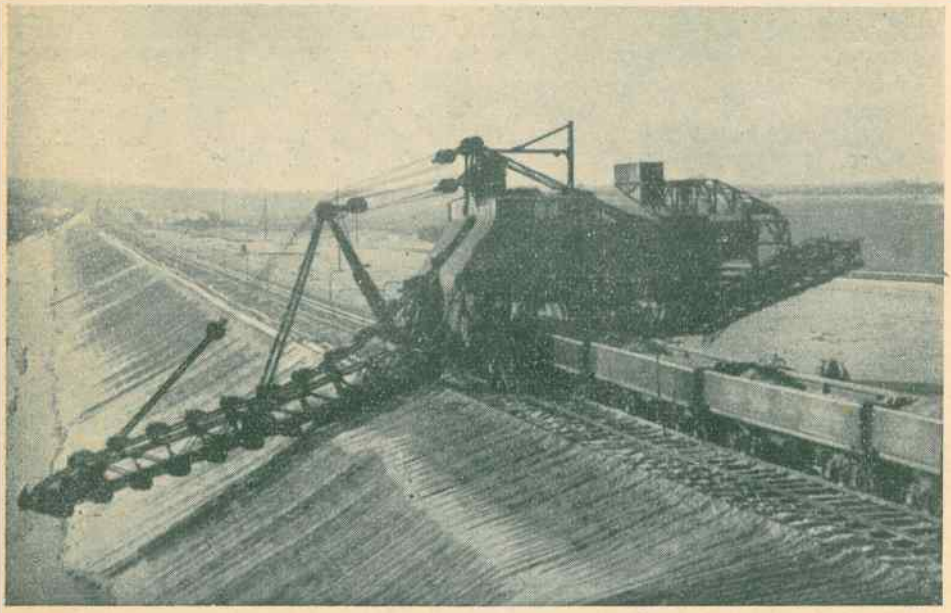
Czerparki podwójne

Czerparki podwójne ustawione są na poziomie pośrednim i urabiają skarpę równocześnie powyżej i poniżej poziomu (kombinacja czerparki pod- i nadpoziomowej).



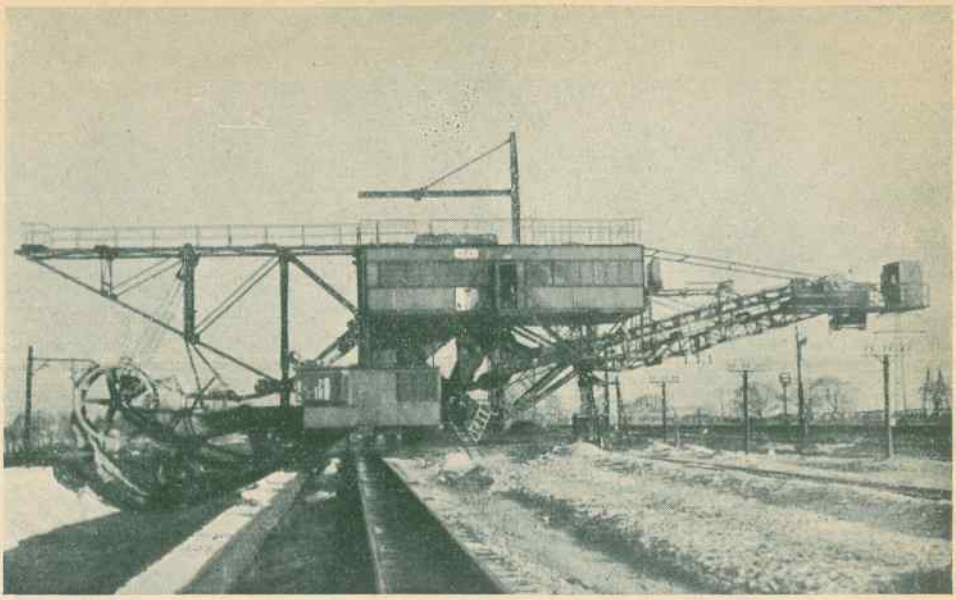
Rys. 13. Czerparka wieloczerpakowa, podpoziomowa; widok na ramię w położeniu poziomym

Pojemność czerpaka — 0,5 m^3, wydajność teoretyczna — 550 m^3/godz, wydajność praktyczna — 3300 m^3/8 godz, moc instalacji — 485 KM



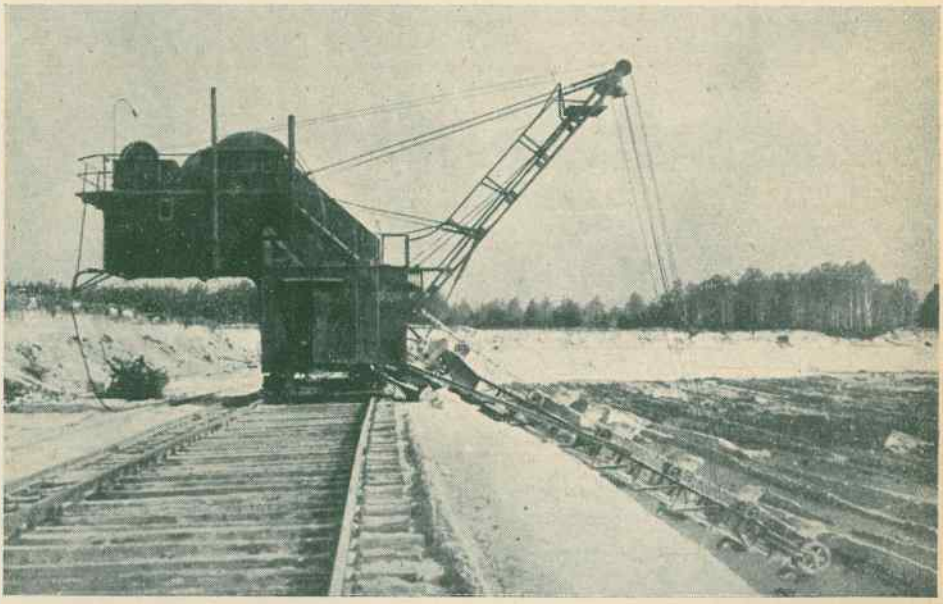
Rys. 14. Czerparka wieloczerpakowa, podpoziomowa

Pojemność czerpaka — 0,35 m^3, wydajność teoretyczna — 500 m^3/godz, wydajność praktyczna około 2500 m^3/8 godz, moc instalacji 300 KM



Rys. 15. Czerparka wieloczerpakowa, przeładunkowa

Pojemność czerpaka — 0,7 m^3, wydajność teoretyczna — 700 m^3/godz, wydajność praktyczna około 4200 m^3/8 godz, moc instalacji — 315 KM



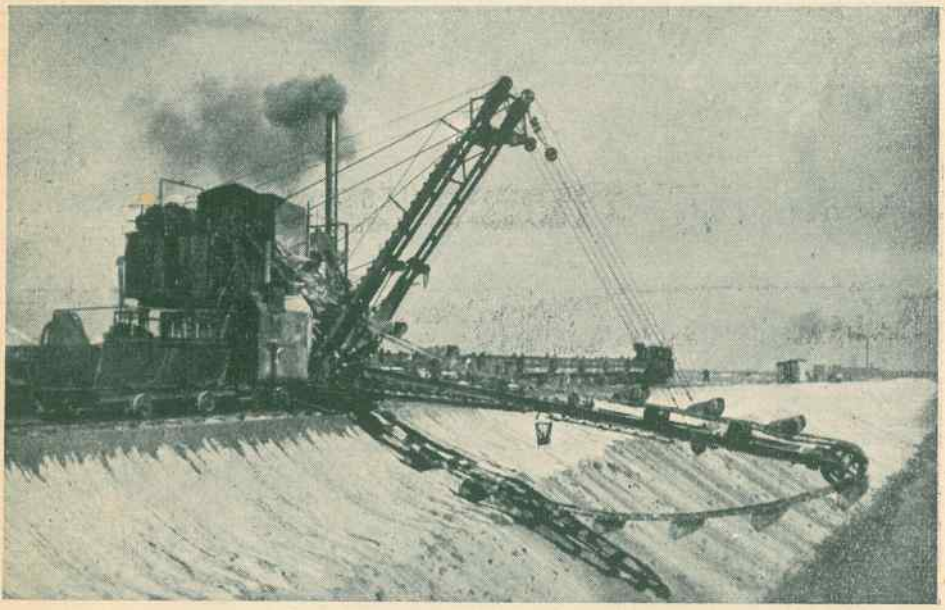
Rys. 16. Czerparka wieloczerpakowa, podpoziomowa

Pojemność czerpaka — 0,11 m^3, wydajność teoretyczna — 160 m^3/godz, wydajność praktyczna — 750 m^3/8 godz, moc instalacji — 70 KM

Czerparki uniwersalne

Czerparki uniwersalne mogą pracować jako pod- i nadpoziomowe.

Przy opisanych poprzednio czerparkach wieloczerpakowych najbardziej narażaną na zużycie częścią maszyny są czerpaki. Dlatego też ta część czerpaka, która urabia (grzbiet), jest wyposażona w stalowy hełm, który można wymieniać. Czerpaki pracujące przy czerparkach nasiębiernych są odmiennie wykształtowane. Czerpak jest tu naczyniem prawie czworokątnym z jedną otwartą ścianą górną (jak kubełki przy większych przenośnikach pionowych), podczas gdy przy innych typach czerpaków dwie ściany są otwarte, czyli również i ściana denna, przeciwległa grzbietowej (urabiającej).



Rys. 17 Czerparka wieloczerpakowa, podpoziomowa

Pojemność czerpaka — 0,12 m³, wydajność teoretyczna — 185 m³/godz, wydajność praktyczna — 960 m³/8 godz, moc instalacji — 100 KM

Łańcuch czerpakowy spełnia też rolę przenośnika transportującego urobek nad zbiornik, gdzie przy zmianie kierunku posuwania się łańcucha następuje wysypanie się urobku z czerpaka.

Wydajność czerparek wieloczerpakowych jest rozmaita, zależnie od pojemności czerpaków, prędkości ich ruchu oraz własności urabianego złoża i waha się od 100 — 1000 m³/godz. Praktyczna wydajność czerparek zależy oczywiście od skoordynowania odbioru urobku. Im czerparka jest większa, tym większe wozy należy zastosować do przewozu urobku i tym sprawniejszy musi być ich odbiór po załadowaniu. Jeżeli czerparka będzie posiadać wielką wydajność godzinową, a przerwy wywołane podstawianiem wozów będą długie, to praktyczny stopień wykorzystania wy-

dajności teoretycznej czerparki będzie niewielki, stąd sprawność całego urządzenia nie odbije się dodatnio na kosztach eksploatacji.

Wysokość pionowa skarpy, przy której mogą pracować czerparki wieloczerpakowe, dochodzi do 20 m; przy czerparkach podpoziomowych wynosi nawet więcej. Nowoczesne czerparki tego typu posiadają napęd elektryczny. Moc maszyn do 400 KM i więcej.

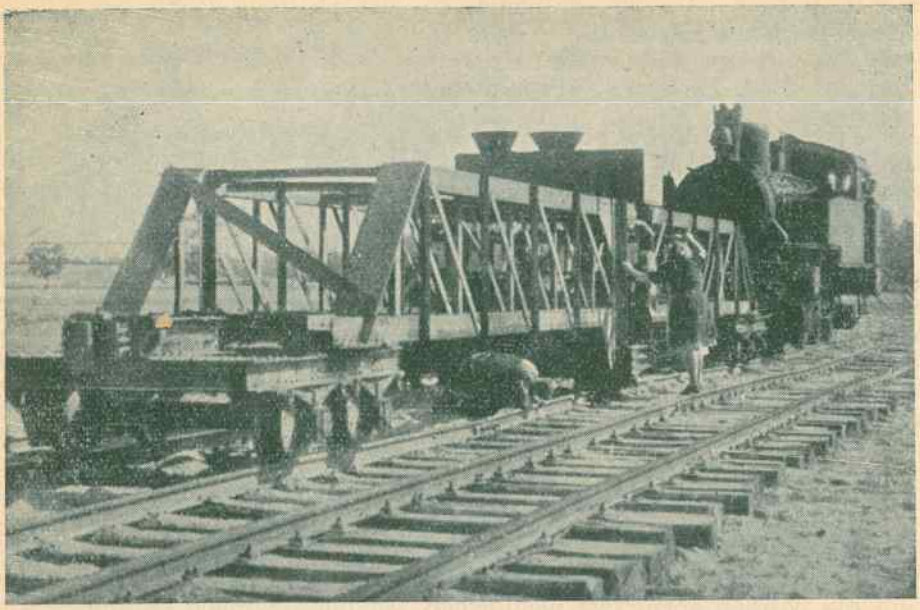
Czerparki wieloczerpakowe pracują czołowo wzdłuż skarpy złoża urabianego, posuwając się stale równolegle do skarpy. Po zebraniu cienkiej warstwy skarpy czerparka wraca by zebrać następną warstwę. Ruchy te wykonuje kilkakrotnie, aż skarpa zostanie urobiona na około 2 m i wtedy musi nastąpić przesunięcie torów, po których jeździ czerparka, względnie wozy odbierające urobek.

Rys. 18. Ręczne przesuwanie torów przy użyciu kozłów z dźwignią

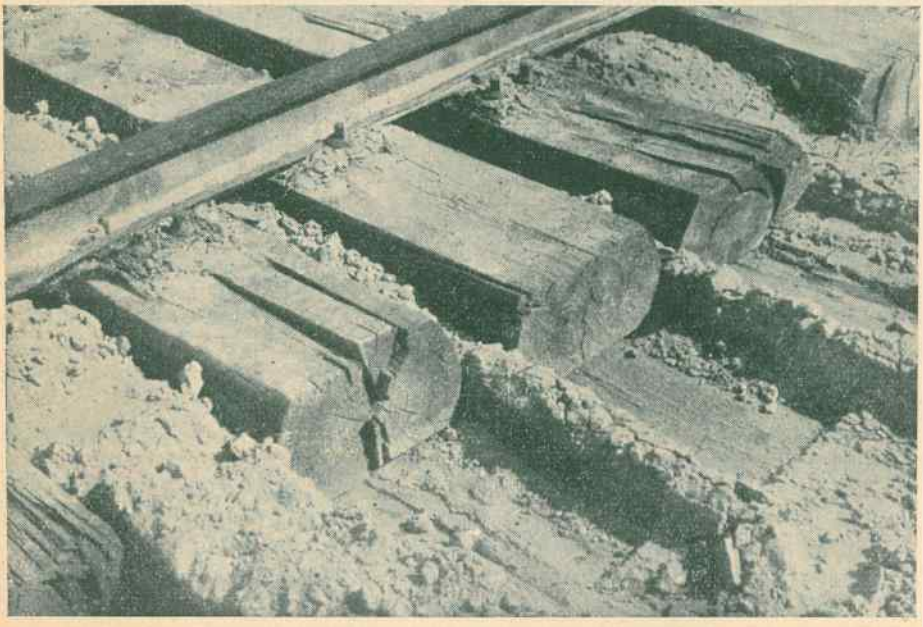
Czerparki wieloczerpakowe mogą się poruszać na gąsienicach albo też na specjalnych torach, przy czym — zależnie od wielkości czerparki — może być 2 — 4 torów licząc pojedynczo. Posuwanie się na gąsienicach jest raczej odpowiedniejsze przy skałach bardziej zwięzłych. Przy miękkim gruncie, jakim jest piasek, lepsze jest ustawienie wielkich i ciężkich czerparek na torze, gdyż daje większą pewność równego podparcia i utrzymania całej maszyny w poziomie, a przez to równomierną pracę ramienia roboczego. Przy wszelkich przechyleniach maszyny trzeba na nowo ustawiać jej ramię robocze, gdyż inaczej albo czerpaki będą się zanadto wcinać w skarpę, albo nie będą jej w ogóle urabiać.

Naładunek urobku odbywa się do wozów bądź stojących obok czerparki, bądź też pod czerparką i wtedy całe podwozie czerparki jest wykształtowane w postaci ramy portalowej. Tak w jednym jak i w drugim

przypadku musi być z poziomem załadowczym czerparki skoordynowana wysokość wozów, które mają być ładowane.



Rys. 19. Mechaniczne przesuwanie torów; przesuwnica torów w czasie pracy



Rys. 20. Mechaniczne przesuwanie torów; tor przesunięty po jednorazowym przejechaniu przesuwnicy torów

Czerparki wieloczerpakowe wymagają długiego frontu eksploatacyjnego, żeby uniknąć częstego przesuwania torów i możliwie uniezależnić to przesuwanie od urabiania, co jest możliwe tylko przy długiej skarpie (ścianie roboczej).

Przesuwanie torów

Przesuwanie torów pod czerparką może się odbywać ręcznie (rys. 18) lub mechanicznie. W tym ostatnim przypadku używa się specjalnej *przesuwnicy torów* (rys. 19 i 20), wykształtowanej w postaci belki kratowej, opartej na dwu wózkach. Całe urządzenie posuwa się na torach, które mają być przesunięte. W środkowej części belki kratowej przesuwnicy znajduje się urządzenie pozwalające objąć szyny i przesunąć tor o kilka względnie kilkanaście cm w pożądanym kierunku. Przez kilkakrotne powtarzanie tego przesuwania można przełożyć tor na potrzebną odległość. Oczywiście podłoże musi być odpowiednio wyrównane i przygotowane. Przesuwanie mechaniczne torów jest tańsze i wynosi około 1/5 kosztów ręcznego przesuwania.

5. UWAGI O ORGANIZACJI I GOSPODARCE NA PIASKOWNIACH

Dokonawszy przeglądu sposobów urabiania materiałów podsadzkowych należy jeszcze dodać kilka uwag, dotyczących organizacji piaskowni dla potrzeb górnictwa węglowego. Na piaskowniach istniejących odbija się historia, jaką przeszły sposoby urabiania piasku do zamułki, a także stwierdzamy wielkie rozdrobienie, które wynikło stąd, iż dla każdej prawie kopalni organizowano osobno dostarczanie materiału podsadzkowego. Oczywiście przeanalizowanie kosztów tych poszczególnych jednostek daje wyraźną wskazówkę, co należy na przyszłość zastosować, a co odrzucić.

Przemysł węglowy jest obecnie w trakcie wykonywania wielkiej inwestycji centralnego zaopatrzenia w piasek większej ilości kopalń, przeważnie nie pracujących dotąd na podsadzkę płynną. Na piaskowni centralnej będą zastosowane duże czerparki, odpowiednie do wymaganej ilości materiału.

Przemysł maszynowy w Polsce nie budował czerparek. Obecnie chodzi o to, żeby mu postawić zadanie, sprowadzające się do jak najmniejszej ilości typów, gdyż tylko wtedy przemysł ten będzie mógł w jak najkrótszym czasie dostarczyć potrzebnych maszyn.

Komisja Normalizacyjna PW opracowała projekt norm co do typów czerparek.

Według dotychczasowych doświadczeń można zestawić następujące wytyczne gospodarki na piaskowniach:

a. Piaskownia powinna być nastawiona możliwie na większe wydobycie; raczej wydłużać trasę torów i dowozić piasek do kilku kopalń niż tworzyć dużą ilość małych jednostek.
b. Praca piaskowni odległej od miejsca zużycia materiału podsadzkowego powinna być uniezależniona od głównego transportu urobku, tzn. że na piaskowni powinien być osobny dworzec zbiorczy, gdzie zestawia się pociągi do głównego transportu, a przewóz urobku od czerparki do tego zbiorczego dworca powinien być niezależny od

lokomotyw używanych do głównego transportu. Stąd wynika też potrzeba pewnej ilości wozów zapasowych, będących stale do dyspozycji piaskowni.

c. Przewóz urobku od czerparki do dworca zbiorczego może być wykonany albo lokomotywami parowymi, albo elektrycznymi. W dotychczasowym stanie rzeczy trudno jest zdecydować, który rodzaj lokomotyw będzie lepszy; w każdym razie jeżeli chodzi o lokomotywy elektryczne, to będą one tańsze, ale wymagają solidniejszej budowy torów (które są stale przesuwane). Elektrowozy są mniej wytrzymałe na przeciążenie, co odgrywa rolę przy wyciąganiu pociągów z niżej położonych poziomów (parowe lokomotywy łatwiej znoszą chwilowe przeciążenie).
W piaskowni raczej powinny pracować jednostki mniejsze niż przy przewozie głównym. Niekiedy w piaskowni lepiej jest operować mniejszą ilością wozów i stąd konieczność uniezależnienia się od głównego przewozu.

d. Urabianie piasku powinno być zelektryfikowane. Czerparki z elektrycznym napędem są tańsze i mają bardziej zwartą konstrukcję.

e. Ilość czerparek w piaskowni powinna być taka, żeby istniała zawsze stuprocentowa rezerwa. Czerparki rezerwowe powinny być, o ile możności, ustawione przy zapasowej skarpie, by uniezależnić się od przeszkód ruchowych na torach dojazdowych do głównej skarpy.

f. Piaskownie mniejsze, dostarczające dziennie 2 — 3000 m^3 urobku, powinny raczej stosować czerparki łyżkowe. Jest to tym bardziej konieczne, gdy kształt złoża jest nieregularny i nie pozwala rozwinąć długiego prostego frontu, gdy miąższość złoża dopuszcza brać całość na jedną warstwę oraz gdy złoże zawiera różnorodny materiał (jak piasek, żwir, warstwy iłu, gliny itp.). Do tych warunków czerparka łyżkowa lepiej się nadaje i jest bardziej obrotna. Szczególnie znakomicie nadaje się ona w porze zimowej.

g. Piaskownie duże, założone na złożu wielkich rozmiarów o jednolitym materiale, szczególnie gdy mamy czysty piasek, powinny stosować czerparki wieloczerpakowe. W każdym razie w takiej piaskowni potrzebna jest również czerparka łyżkowa do robienia pierwszych wykopów, równania terenu i wybierania resztek ścian, gdy już nie opłaca się praca czerparki wieloczerpakowej.
Jaki typ czerparki łańcuchowej zastosować, decydują warunki miejscowe, ale większe zalety mają czerparki łańcuchowe podpoziomowe. O ile zachodzi potrzeba urabiania w dwu warstwach, to należy koncentrować pracę na poziomie pośrednim.

h. Duże piaskownie powinny być wyposażone w urządzenia do mechanicznego przesuwania torów.

i. W ogóle przy zakładaniu jakichkolwiek urządzeń i maszyn w piaskowniach należy mieć na uwadze, że w piaskowni maszyny pracują w ciężkich warunkach (piasek wciska się wszędzie), narażone na przeciążenie (zależnie od charakteru złoża, podłoża, pory roku itp.). Dlatego trzeba stosować maszyny raczej ciężkie, o konstrukcji mocnej, większej wydajności i motory silniejsze, chociażby obliczenie wykazywało, że są one zbyteczne i pracują mniej ekonomicznie.

Również należy pamiętać, by wyposażenie piaskowni, zarówno co do urabiania, jak i transportu urobku, było ujednolicone. Wszelka bowiem różnorodność sprzętu powoduje stałe trudności w ruchu.

j. Każda piaskownia powinna mieć sprężyste kierownictwo, rozumiejące stosowanie mechanizmów i umiejące je dobrze konserwować (periodyczne kontrole, naprawy doraźne, gruntowne naprawy itp.). Szczególne zadanie do rozwiązania ma kierownictwo przy pracy piaskowni w okresie zimowym.

III. TRANSPORT MATERIAŁU PODSADZKOWEGO

1. RÓŻNORODNOŚĆ TABORU PRZEWOZOWEGO ZAGŁĘBIA GÓRNO-ŚLĄSKIEGO

Do transportu urobku z piaskowni stosuje się wozy ciągnione lokomotywami. Większość piaskowni Zagłębia Górno-śląskiego jest odległa od miejsc zużycia piasku od 2 do 11 km i dostarcza 60% ogólnej ilości materiału podsadzkowego, a reszta od 20 do 30 km i dostarcza 40% (według ilości dowiezionych w I półroczu 1947 r.). Wozy (prócz wagonów PKP) w ilości około 1200 sztuk mają pojemność od 1 — 25 m^3, w tym 25% wozów o pojemności 25 m^3.

Wozy kursują na torach o prześwicie od 600 do 1435 mm. Na torze normalnym (1435 mm) pracuje ilościowo około 44% taboru; na torze wąskotorowym (785 mm) — 11%, na torze 600 mm — 20%.

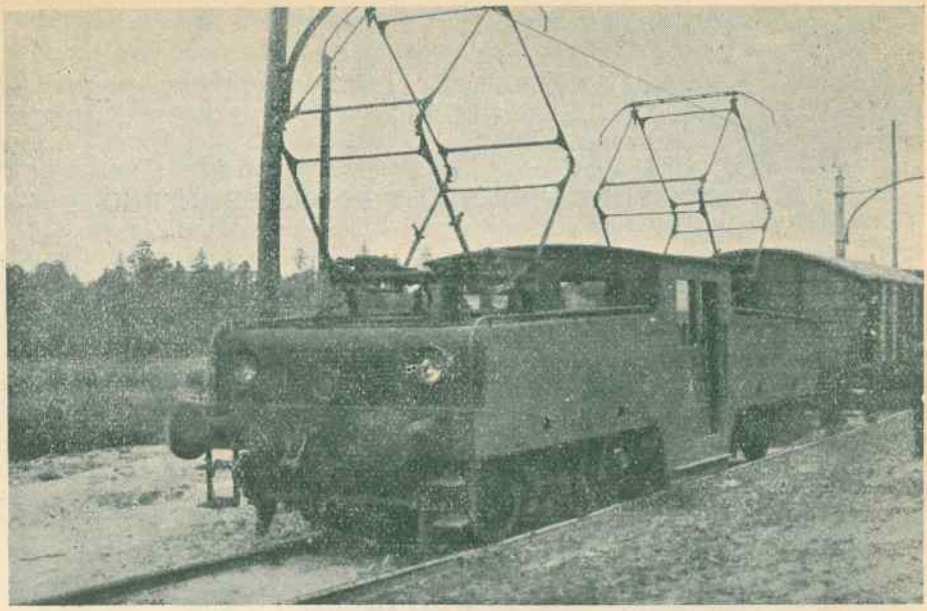
Przewóz piasku obsługują przeważnie lokomotywy parowe o wadze nawet do 140 ton.

Różnorodność typu sprzętu w taborze podsadzkowym (np. rys. 21 i 22) jest wynikiem historycznego rozwoju tak konstrukcji, jak i potrzeb poszczególnych kopalń. W obecnych warunkach tego rodzaju różnorodność typów sprawia wiele trudności w utrzymaniu sprawności i taniej eksploatacji sprzętu przewozowego, zwłaszcza w okresie zimy.

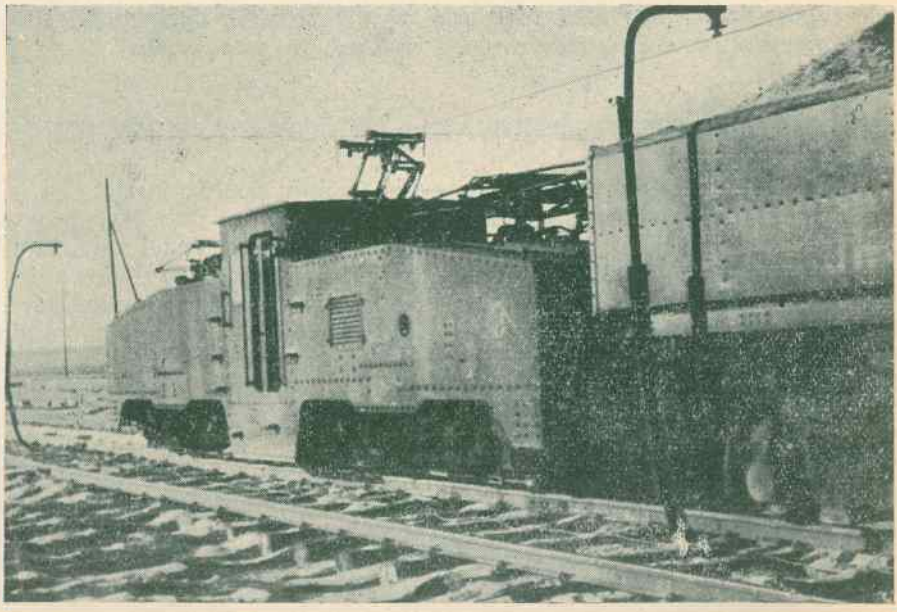
2. SPOSOBY WYŁADOWANIA WOZÓW PIASKOWYCH

Pod względem sposobu wyładowania urobku rozróżnia się:

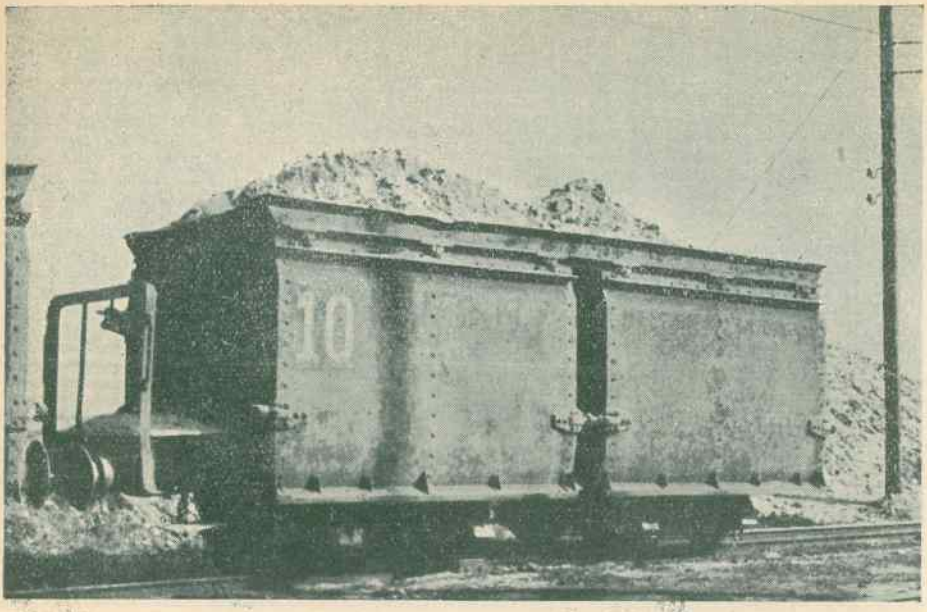
a. Wyładowanie ręczne przez dno do środka toru. Dno jest w postaci leja, zamykanego zasuwą, albo w postaci dwu skrzydeł zawieszonych na zawiasach i zamykanych systemem dźwigni. Wyładowanie na ogół trudne, szczególnie w zimie, gdy materiał jest zamarznięty.
b. Wyładowanie boczne — dwustronne. Ściany boczne są umocowane albo zawiasowo i przytrzymywane systemem dźwigni (rys. 23 i 24), albo też w ścianach bocznych są ruchome klapy. Otwieranie wozów może być ręczne lub automatyczne, na moście wyładowczym, przy pomocy krążków przymocowanych do skrzyni wozu i szyn kierowniczych na moście. Przy tym systemie dno skrzyni wozu jest wykształtowane w postaci daszku, przez co na ogół zmniejsza się pojemność skrzyni wozu.
c. Wyładowanie ręczne boczne — jednostronne, przy którym skrzynia przechyla się na bok i równocześnie jedna ze ścian się otwiera; wozy muszą być zawsze jednakowo zestawione (rys. 25 — 28).
d. Wyładowanie automatyczne przez podniesienie skrzyni wozu (rys. 29 i 30), przy czym dno jest dwudzielne i w czasie podnoszenia skrzyni



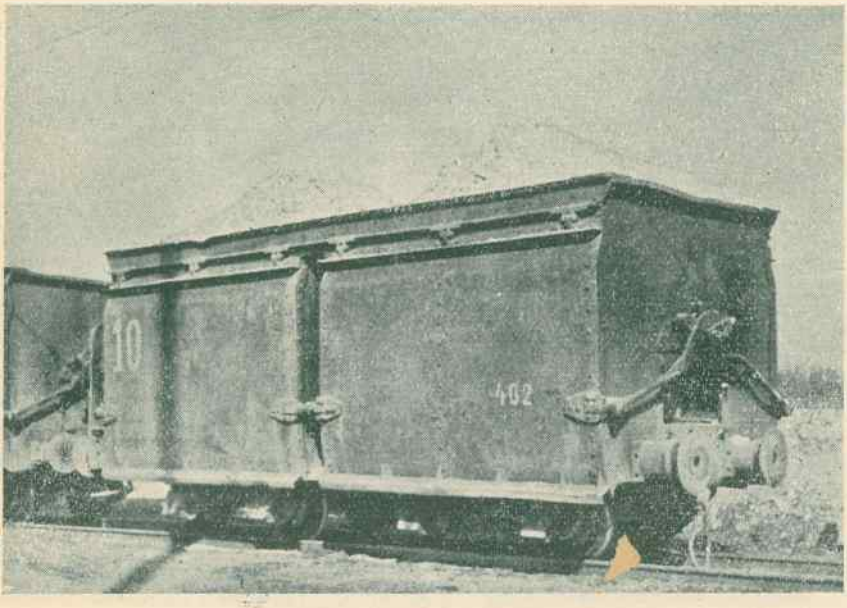
Rys. 21. Elektrowóz
Tor — 1435 mm, moc — 410 KM, prąd stały — 550 woltów



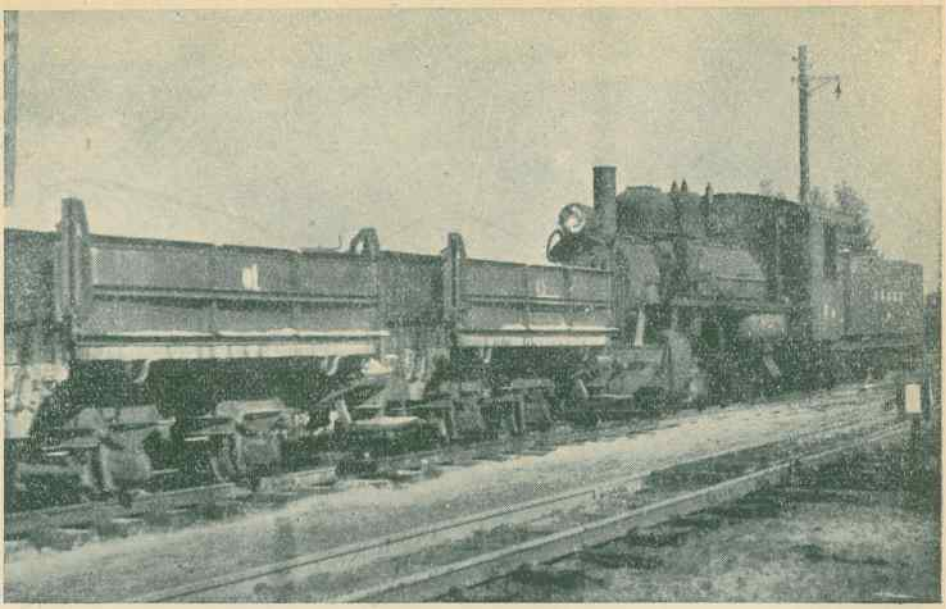
Rys. 22. Elektrowóz
Tor — 900 mm, moc 555 KM, prąd zmienny — 3000 woltów



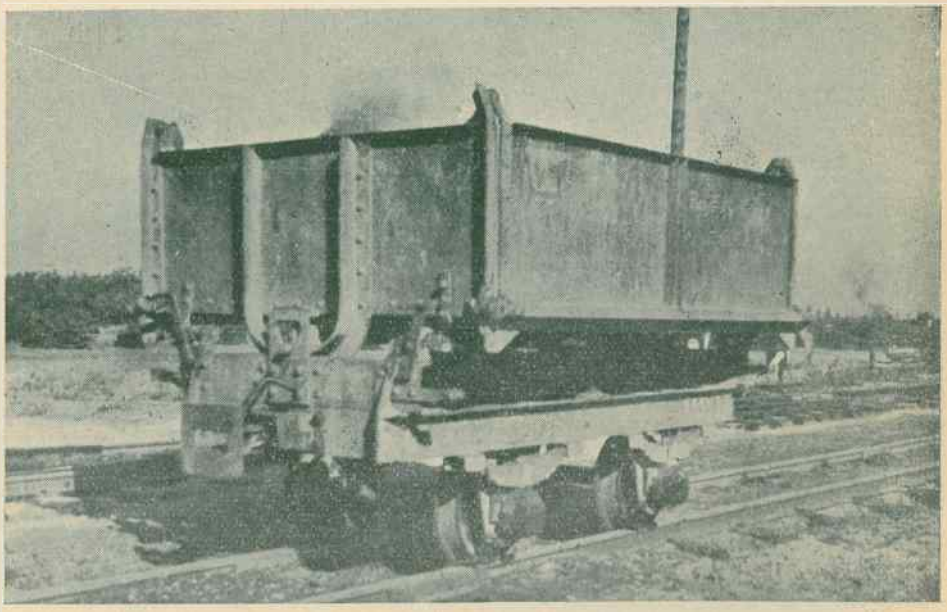
Rys. 23. Wóz piaskowy na tor 785 mm, wyładowanie ręczne boczne; Pojemność — 10 m³, 4 osie



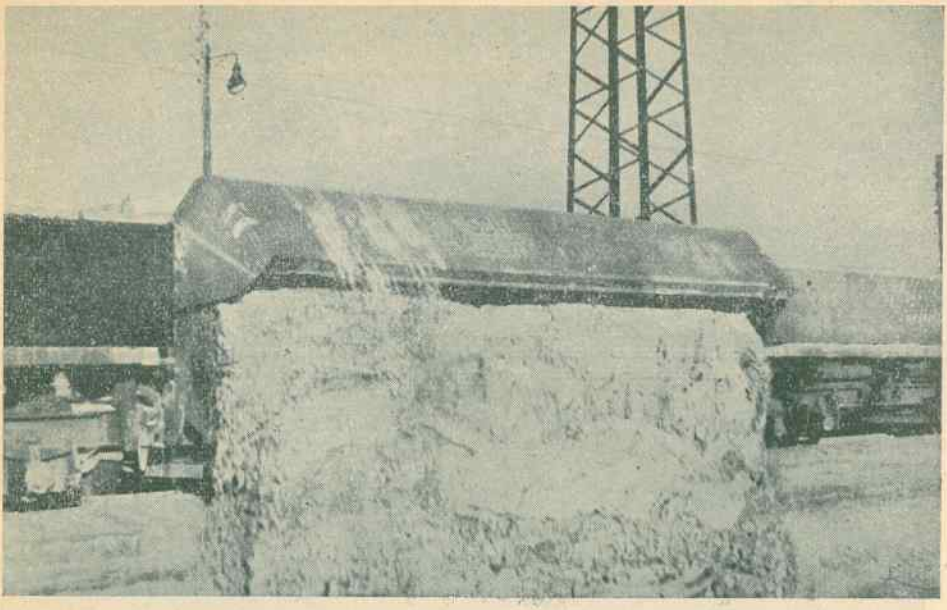
Rys. 24. Wóz piaskowy na tor 785 mm (ten sam co na rys. 23); widok na dźwignie przytrzymujące ściany boczne



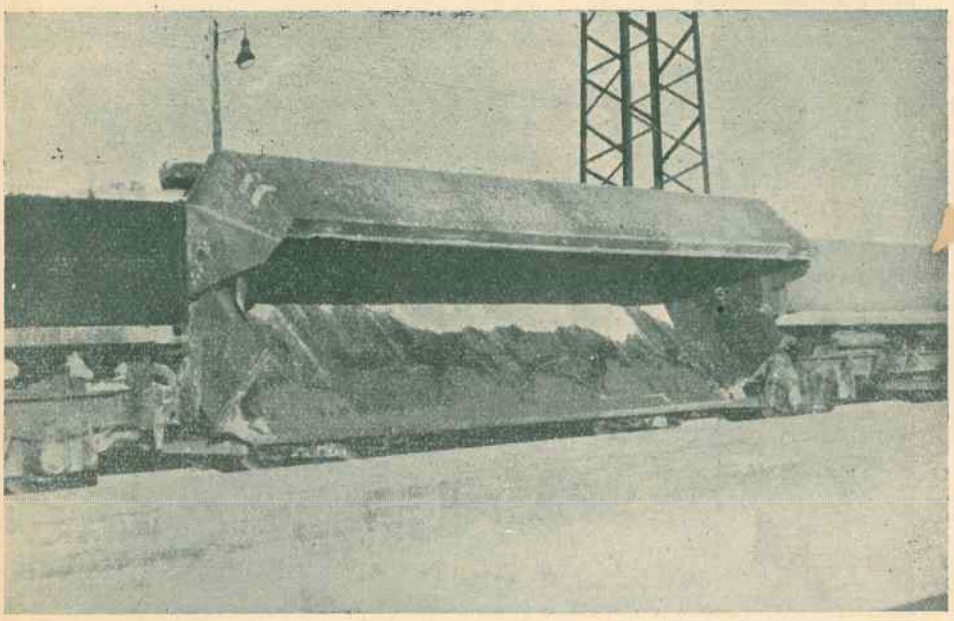
Rys. 25. Wóz piaskowy — 5 m^3 na tor 750 mm; wyładowanie ręczne, boczne z przechyleniem skrzyni



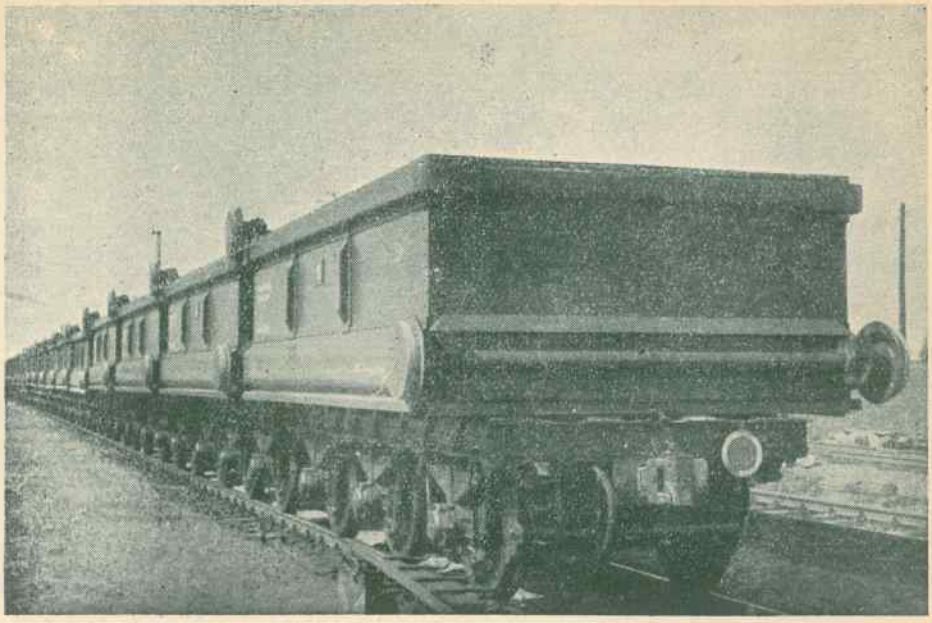
Rys. 26. Wóz piaskowy — 3 m^3 na tor 750 mm; wyładowanie ręczne, boczne z przechyleniem skrzyni



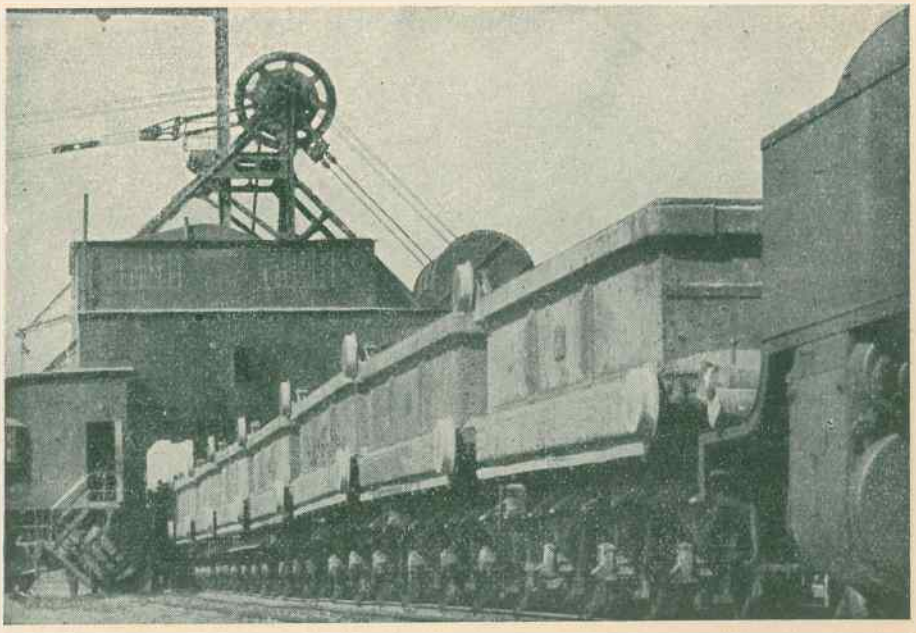
Rys. 27. Wóz piaskowy — 25 m³ na tor 900 mm; wyładowanie ręczne, boczne, z jednostronnym przechyleniem skrzyni; widok w czasie wyładunku



Rys. 28. Wóz piaskowy — 25 m³ na tor 900 mm (ten sam co na rys. 25); widok po wyładowaniu piasku



Rys. 29. Wozy piaskowe — 25 m^3 na tor 1435 mm; typ pyskowicki, 3-osiowy; wyładowanie automatyczne przez podniesienie skrzyni na szynach kierowniczych mostu wyładowczego



Rys. 30. Wozy piaskowe — 25 m^3; typ pyskowicki; widok w czasie ładowania pod czerparką

ustawia się na kształt daszku. Podnoszenie odbywa się w ten sposób, że przy wjeździe na most wyładowczy, krążki umocowane do ścian czołowych skrzyni toczą się po odpowiednio nachylonych szynach kierowniczych, umocowanych do konstrukcji mostowej. Ten sposób wyładowania (typ pyskowicki) jest najbardziej niezawodny i sprawny. Wymaga jednak silnej konstrukcji skrzyni i stałego ustawienia wozów w jednym kierunku (górne krążki toczne).

3. UWAGI OGÓLNE O WOZACH PIASKOWYCH

Wszystkie wozy o mniejszej pojemności są przeważnie dwuosiowe, a wozy 25 m^3 są trzyosiowe. Jest też pewna ilość wozów mniejszych (10 m^3), skonstruowanych w ten sposób, że cała skrzynia, umocowana w odpowiedniej ramie, opiera się na dwu stołkach dwuosiowych jak czteroosiowe wagony kolejowe. Tu rozkład ciężaru jest lepszy niż przy wozach trzyosiowych i tego typu wozy będą prawdopodobnie w przyszłości wzorem dla nowej konstrukcji. Wozy trzyosiowe wywierają na oś nacisk około 20 ton i wymagają dużego profilu szyn.

Ciężar własny wozów podsadzkowych normalnotorowych waha się od 7,5 do 17 ton przy pojemności skrzyni od 7 — 25 m^3. Stosunek ciężaru własnego wozu do ciężaru z ładunkiem waha się przy tych wozach od 0,37 do 0,59 (przy pyskowickich wozach 0,4). Ważnym problemem przy wozach piaskowych jest zagadnienie odpowiednich sprzęgieł i zderzaków.

W związku z urządzaniem centralnej piaskowni został przyjęty wóz trzyosiowy typu pyskowickiego (rys. 31), z tym, że na mostach wyładowczych istnieje możliwość wykorzystania wozu czteroosiowego.

Jeżeli chodzi o przewóz z piaskowni mniejszych, należy mieć na uwadze, że przewóz większymi pociągami, w dużych wozach z automatycznym wyładowaniem, jest tańszy. Niekoniecznie trzeba stosować od razu wozy 25 m^3, ale są także wozy 10 — 15 m^3, które przy węższych torach (785 mm) mogą dać bardzo dobre wyniki, np. wóz 10 m^3 z wyładowaniem bocznym dwustronnym przez otwierające się ściany boczne (rys. 23 i 24).

4. WSKAZANIA DOTYCZĄCE ORGANIZACJI PRZEWOZU GŁÓWNEGO PRZY PODSADZCE PŁYNNEJ

Ogólnie co do przewozu materiału podsadzkowego można ustalić następujące wskazania:

a. Przewóz pociągami materiału podsadzkowego powinien być organizowany do maksimum wykorzystania zdolności urządzeń, bo wtedy przy niewielkiej ilości taboru pracuje się taniej. W miarę możności należy dążyć do stosowania wielkich pociągów, ciężkich lokomotyw i wozów o automatycznym wyładowaniu urobku, żeby zaoszczędzić na obsłudze.

b. Ruch pociągów powinien być uniezależniony od ruchu piaskowni (odbieranie zestawionych gotowych pociągów), a na mostach wyłado-

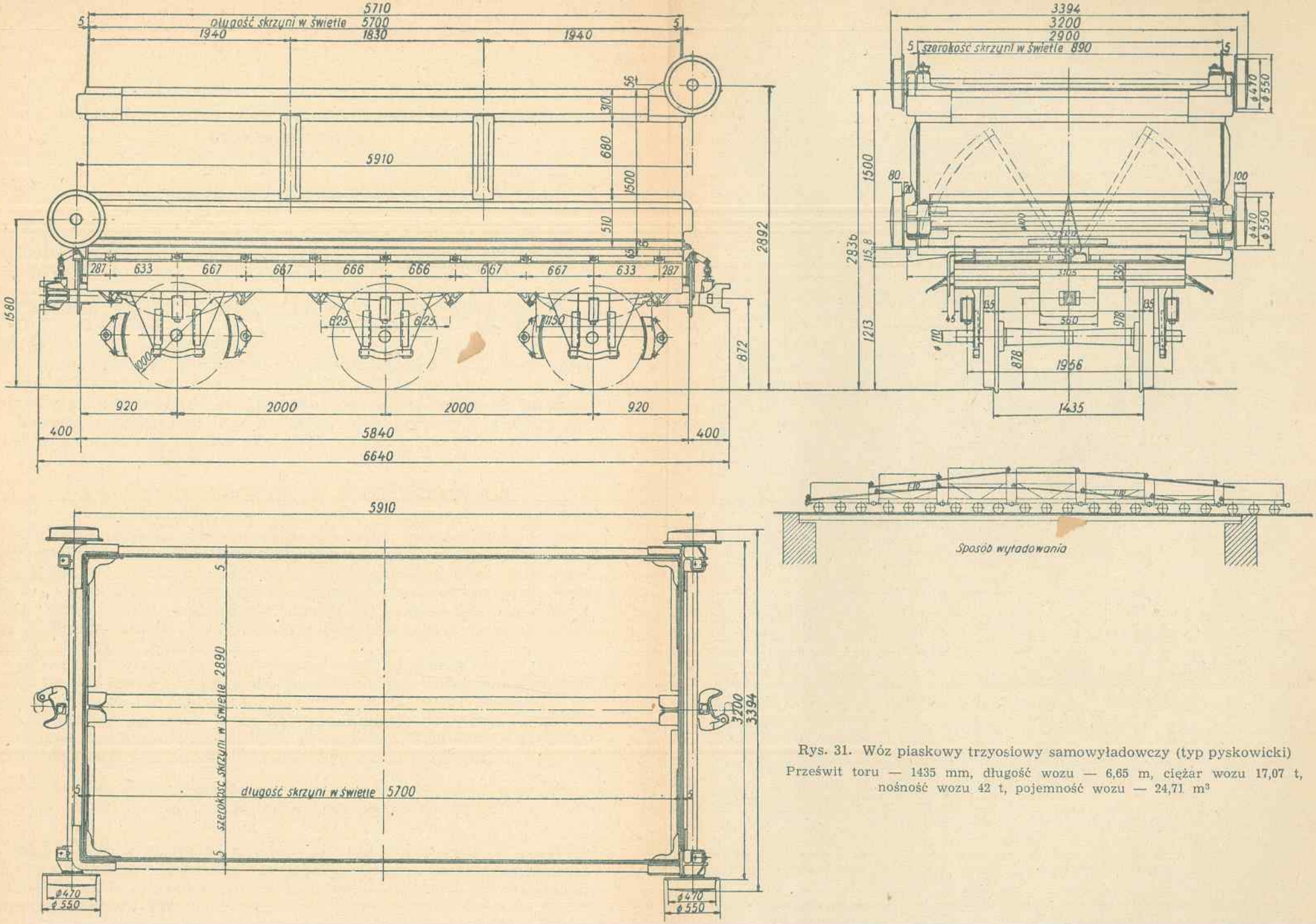
wczych powinny istnieć urządzenia zezwalające na jak najmniejszą stratę czasu i na wyładowanie przy niewielkiej obsłudze. Powinny istnieć również dostatecznie pojemne zbiorniki, żeby z powodu braku miejsca nie powstawały przerwy w ruchu pociągów.

c. Należy o ile możności dążyć do posiadania odrębnych torów do przewozu materiału podsadzkowego. Ma to specjalne znaczenie w okresach zimowych, kiedy dłuższe przetrzymywanie materiału wilgotnego w wozach powoduje wielkie trudności przy wyładowaniu, trzeba bowiem ogrzewać niektóre typy wozów, zwłaszcza z wyładowaniem spodnim (dennym).

d. Trzeba mieć minimum 20% zapasu wozów w stosunku do potrzebnych do ruchu; w lokomotywach — 30%.

e. Transport materiału podsadzkowego powinien być w miarę możności zelektryfikowany (ważne szczególnie w porze zimowej).

f. Organizacyjnie należy łączyć pod jednym kierownictwem ruch piaskowni i ruch pociągów, gdyż koordynacja pracy tych dwu członów daje lepsze rezultaty.



Rys. 31. Wóz piaskowy trzyosiowy samowyładowczy (typ pyskowicki)

Prześwit toru — 1435 mm, długość wozu — 6,65 m, ciężar wozu 17,07 t, nośność wozu 42 t, pojemność wozu — 24,71 m³

IV. PODSADZKOWNIE I PRZYGOTOWANIE MIESZANINY PODSADZKOWEJ

1. POJĘCIE PODSADZKOWNI

Przez podsadzkownie rozumie się nie tylko zbiornik na pewien zapas materiału podsadzkowego, ale także wszelkie urządzenia do wyładowania tego materiału i do przyrządzania odpowiedniej mieszaniny podsadzkowej.

Dzisiejsza technika podsadzania przewiduje przy każdej podsadzkowni zbiornik stosunkowo dużej pojemności. Konieczność takiego zbiornika wynika z dwu przesłanek:

a. potrzeba uniezależnienia przewozu materiału podsadzkowego od miejsca wyładowania,
b. potrzeba uniezależnienia podsadzania od zapasu materiału podsadzkowego w zbiorniku; dół nie może mieć przerwy w podsadzaniu z braku materiału w zbiorniku.

2. POJEMNOŚĆ ZBIORNIKÓW PODSADZKOWYCH

Wielkość zbiornika jest zależna w pierwszym rzędzie od wydajności całej instalacji podsadzkowej. W każdym razie jako minimum powinno się przyjąć: wydajność podsadzania w ciągu jednej zmiany + 100% rezerwy, co daje przy przeciętnych wydajnościach naszych urządzeń około 1500 — 2000 m^3. O ile podsadzanie odbywa się na dwie lub trzy zmiany i do odebrania zamułki jest dwa lub więcej rurociągów, zbiornik powinien być o większej pojemności.

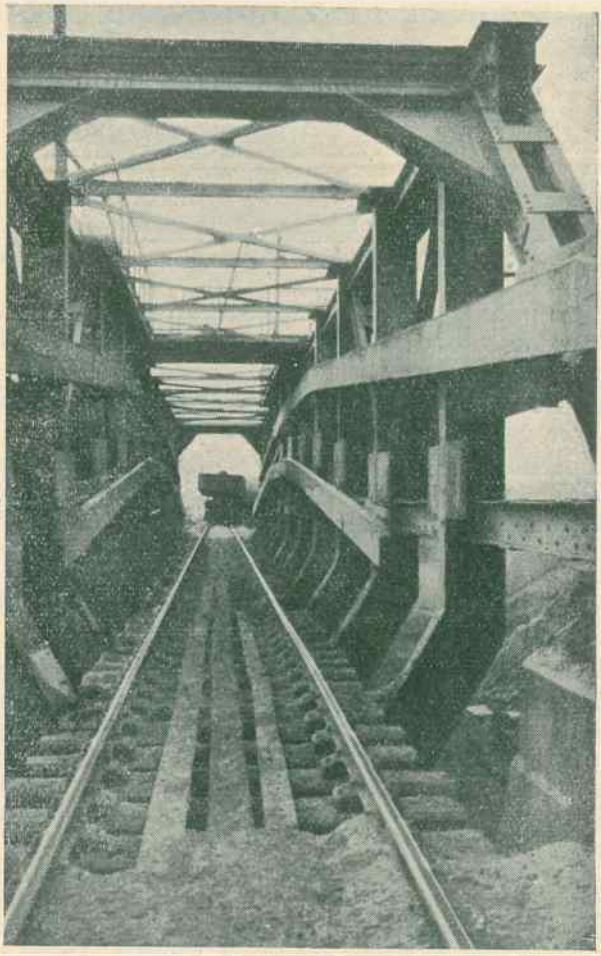
Oczywiście wydajność przewozu materiału podsadzkowego ma też wpływ na pojemność zbiornika. Im piaskownia jest bliżej podsadzkowni (przez co dostawa jest ułatwiona), tym mniejszy może być zbiornik.

Opracowanie dokonane przez Fachową Komisję Podsadzkową CZPW przewiduje zasadniczo trzy wielkości zbiorników: 2000, 3000 i 4500 m^3. Wprowadza to pewne znormalizowanie wykonania zbiornika.

3. MOSTY WYŁADOWCZE

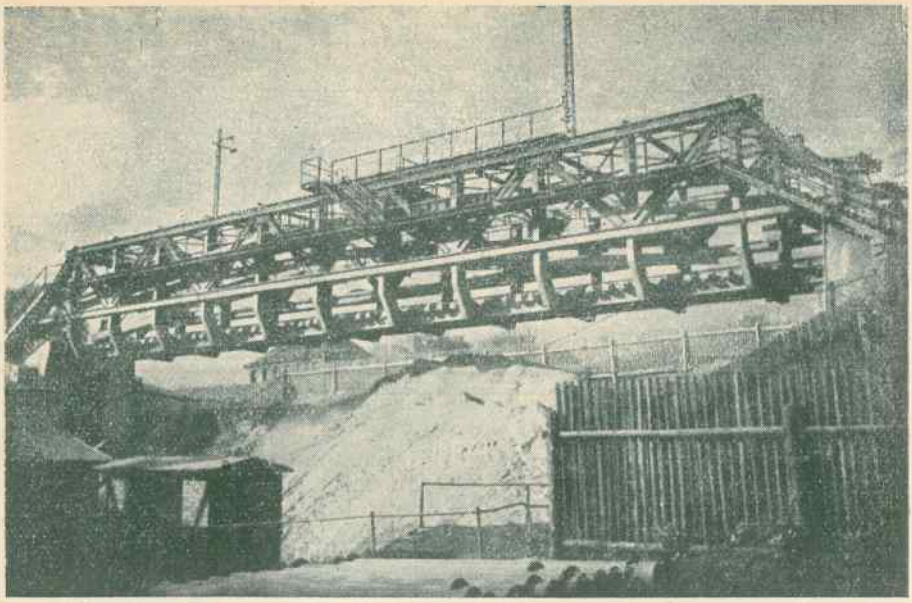
Nad każdym zbiornikiem znajduje się most wyładowczy. W praktyce spotyka się bardzo różnorodne konstrukcje mostów. Jest to zależne od wielkości wozów, sposobu ich wyładowania i wreszcie od rozpiętości zbiornika (rys. 34 i 35).

Przy wielkich wozach, typu pyskowickiego, długość mostu wynosi 39 m (rys. 32, 33, 37), co pozwala na wyładowanie wozów zaciąganych z obu stron mostu. Można również osiągnąć krótszą rozpiętość (18 m) mostu dla zbiorników mniejszych, przez wyładowanie tych wozów przy zaciąganiu tylko z jednej strony mostu, albo też przez odpowiednią zmianę szyn kierowniczych do wyładowania.



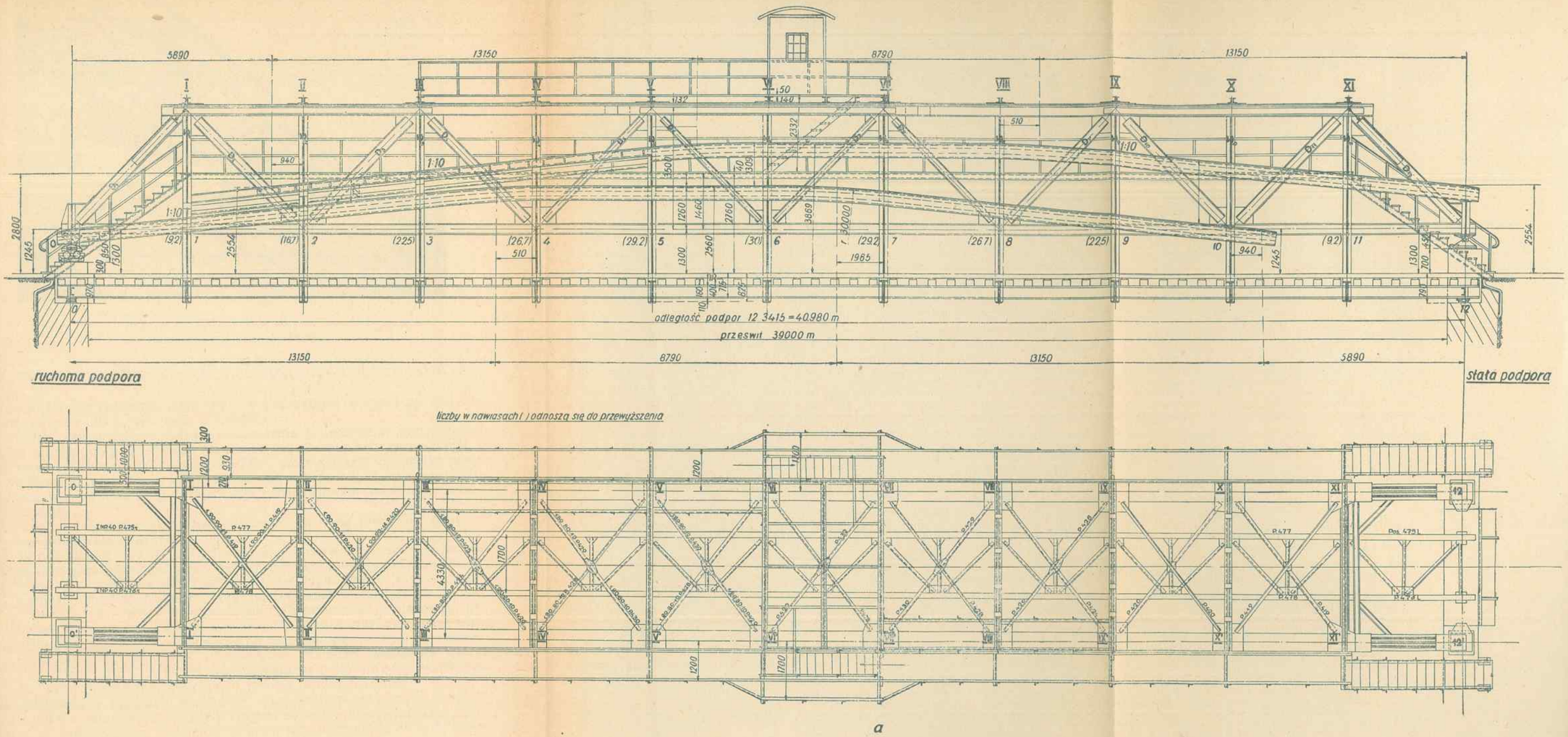
Rys. 32. Most wyładowczy (ten sam co na rys. 33); widok na szyny kierownicze

Na niektórych starszych podsadzkowniach są bardzo długie mosty, 45 — 60 m i więcej (rys. 36 i 38). Było to spowodowane potrzebą postawienia na raz większej ilości wozów do wyładowania, co szczególnie przy ręcznym wyładunku, a zwłaszcza w zimie, miało ważne znaczenie. Stosując wyładowanie automatyczne w czasie ruchu pociągu można znacznie skrócić długość mostu.

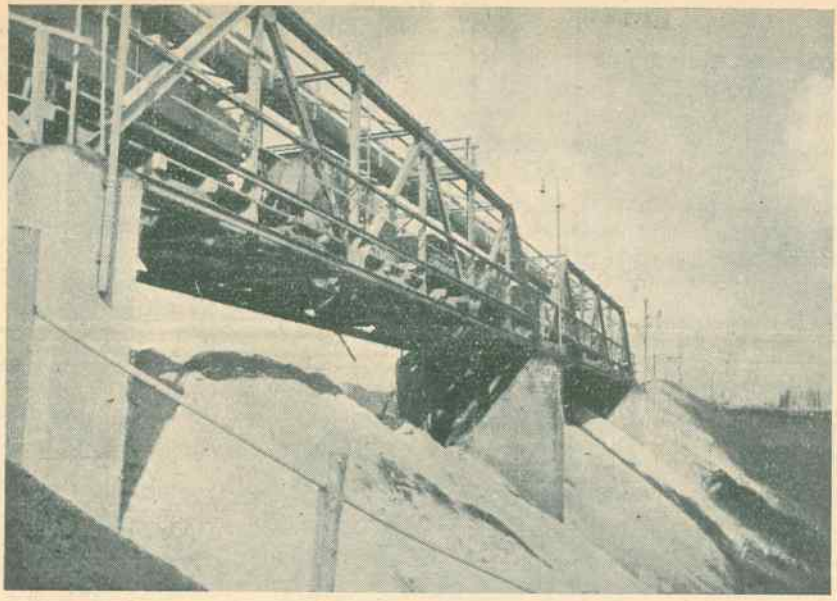


Rys. 33. Most wyładowczy do wozów piaskowych typu pyskowickiego; widok ogólny

Rys. 34. Most do samoczynnego wyładowania 6 m^3 wozów piaskowych, tor 1000 mm; widok ogólny



Rys. 37. *a* — most samowyładowczy dla wozów piaskowych typu pyskowickiego; *b* — przekrój poprzeczny mostu z pokazaniem wozu w czasie wyładunku



Rys. 38. Most wyładowczy (ten sam co na rys. 36); widok w czasie wyładowania wozów piaskowych

4. SPOSOBY PRZYRZĄDZANIA MIESZANINY PODSADZKOWEJ

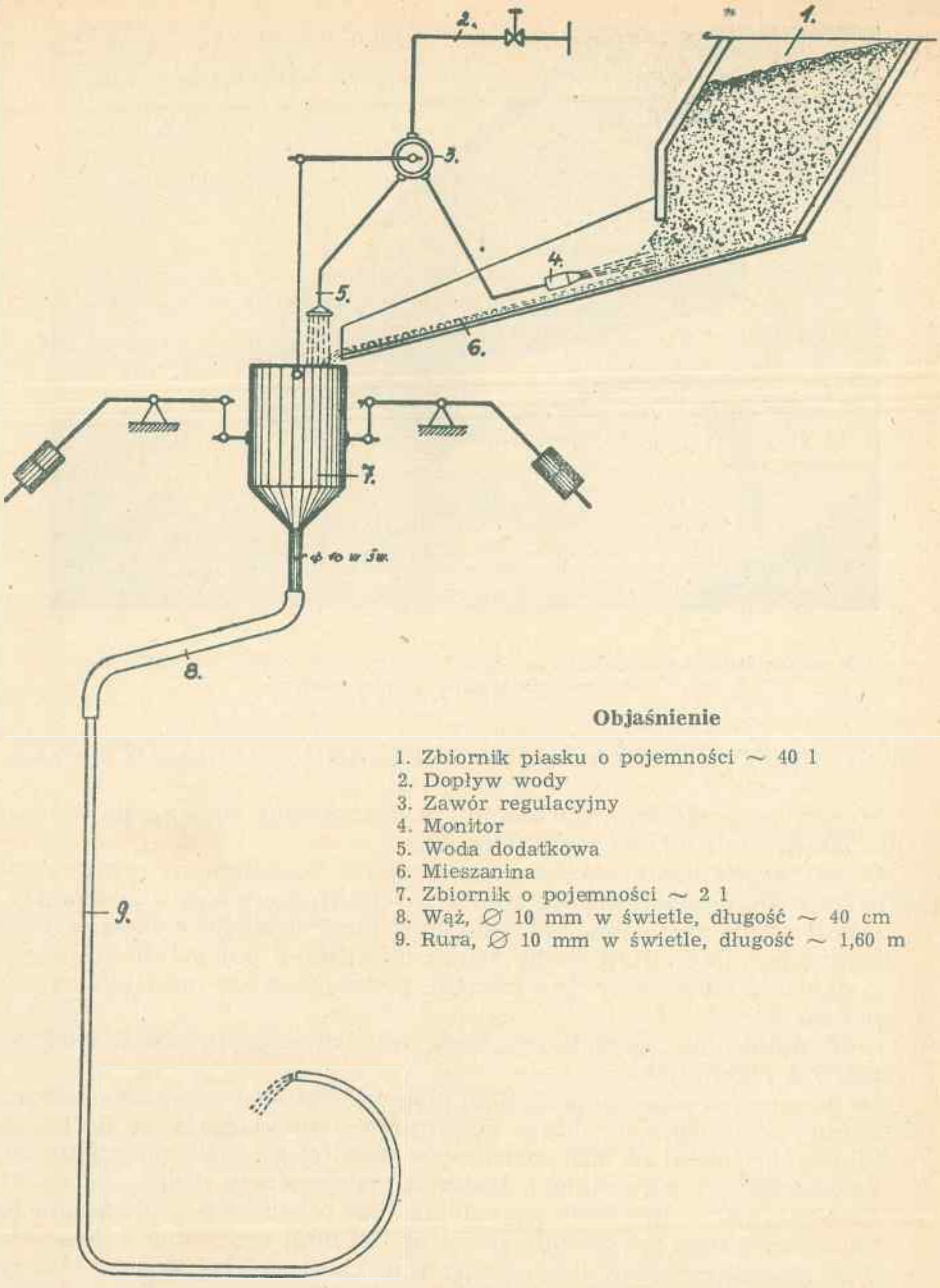
Sposób przyrządzania mieszaniny podsadzkowej wpływa na zastosowanie takiego lub innego typu zbiornika.

Celem zapewnienia ciągłości podsadzania urządzeniom przygotowującym mieszaninę podsadzkową stawia się praktycznie trzy wymagania:

a. skład mieszaniny musi być jednolity; musi nastąpić całkowite przemieszanie materiału z wodą, zanim mieszanina pójdzie do rurociągu;
b. podawanie mieszaniny do rurociągu podsadzkowego musi być równomierne;
c. ilość mieszaniny powinna być taka, żeby rurociąg pracował możliwie pełnym przekrojem.

W początkach rozwoju podsadzki płynnej stosowano do przygotowania mieszaniny różne sposoby, które w rezultacie sprowadzają się do trzech:

a. Mieszanie wprost na sicie rusztowym, nad lejem, który jest połączony bezpośrednio z rurociągiem. Materiał podsadzkowy podaje się na sito rusztowe (40 — 100 mm) wprost tak, jak przychodzi z piaskowni (co najwyżej usuwa się kawałki powyżej 150 mm) względnie z kruszarki, o ile go trzeba łamać. Równocześnie na ruszt spływa woda, a obsługa rozbija łomem lub gracą większe bryły kamieni względnie gliny. Pod sitem strumień wody, pod ciśnieniem o kierunku przeciwnym do biegu mieszaniny, dodatkowo jeszcze miesza materiał.
b. Mieszanie w korytach względnie skrzyniach pochyłych, w których z boku z dziurkowanych rur wypływa strumień wody. Ponadto strumień wody płynący w korycie porywa całą mieszaninę do leja, gdzie na sicie rozbija się grubsze bryły.

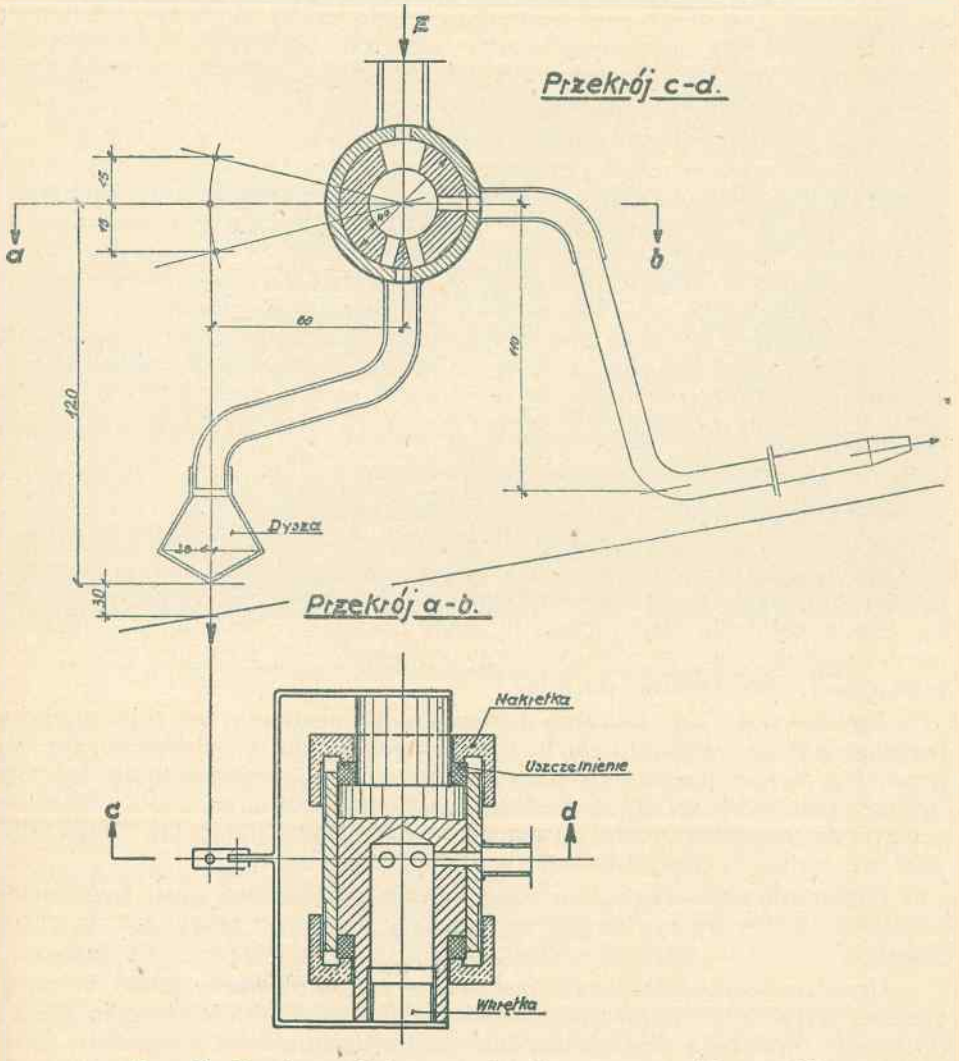


Objaśnienie

1. Zbiornik piasku o pojemności ~ 40 l
2. Dopływ wody
3. Zawór regulacyjny
4. Monitor
5. Woda dodatkowa
6. Mieszanina
7. Zbiornik o pojemności ~ 2 l
8. Wąż, ∅ 10 mm w świetle, długość ~ 40 cm
9. Rura, ∅ 10 mm w świetle, długość ~ 1,60 m

Rys. 39. Schemat doświadczalnego urządzenia zmywczego pomysłu inż. J. Galanki i inż. H. Lorka

c. Mieszanie za pomocą spłukiwania monitorem, analogicznie do hydraulicznego sposobu urabiania. Działanie polega na tym, że strumień wody pod ciśnieniem kilku względnie kilkunastu atmosfer, skierowany na materiał podsadzkowy, rozmywa go i zabiera tyle, ile można go hydraulicznie transportować. Powstaje więc niejako automatyczne wytwarzanie się odpowiedniej mieszaniny. Unika się tu do pewnego stopnia niedostatecznego rozcieńczenia mieszaniny, bo materiał dopiero wtedy zaczyna spływać, gdy jego stosunek do wody osiągnie określoną minimalną wartość. Mieszanina w ten sposób wytworzona spływa na sito rusztowe (zbiorcze), gdzie następuje rozdrabianie albo odbieranie większych brył kamienia względnie gliny. Na lej idzie już gotowa mieszanina.



Rys. 40. Zawór regulujący urządzenia zmywczego (do rys. 39)

O ile przy sposobach pod a. i b. trudno jest mówić o jednolitości mieszaniny względnie o równomiernym zasilaniu leja, to przy sposobie c. zasadnicze wymagania przygotowania dobrej mieszaniny są praktycznie wypełnione. W każdym razie mieszanina ta jest lepsza niż przy sposobach poprzednio wymienionych.

Sprawę automatycznego regulowania gęstości mieszaniny podsadzkowej stara się rozwiązać urządzenie zmywcze pomysłu inż. J. Galanki i inż. H. Lorka, którego model został już wypróbowany.

Zasada tego urządzenia polega na uzyskiwaniu mieszaniny o stałej gęstości przez doprowadzenie takiej ilości wody, jaka dla danej gęstości i w danej chwili jest potrzebna.

Urządzenie to działa w następujący sposób (rys. 39 i 40):

Z rurociągu dopływa woda do zaworu trójdzielnego, zbudowanego w ten sposób, że przez ruch wahadłowy jego części ruchomej odsłaniają się częściowo lub całkowicie wyloty albo do dyszy, przez którą woda przepływa do miejsca, gdzie znajduje się piasek, albo do rynny, którą spływa mieszanina do leja-wagi.

Z chwilą utworzenia się mieszaniny podsadzkowej o danej gęstości spływa ona pod własnym ciężarem rynną i dostaje się do leja-wagi, spoczywającego na dwóch ramionach obciążonych ciężarami, a podpartych w pewnym punkcie, wskutek czego utworzona jest dźwignia dwuramienna. Przy pomocy tych obciążników można nastawić lej na odpowiednią gęstość mieszaniny i wówczas jest on w równowadze. Z chwilą jednak, gdy tylko zwiększyła się ilość wody w odpływającym rynną strumieniu mieszaniny, albo ilość piasku zwiększyła się ponad ilość wyznaczoną (wyregulowaną), następuje wahnięcie leja w górę lub w dół. Ponieważ do krawędzi leja przymocowane są dwa pręty, które przenoszą ruchy leja na przegubowe połączenie dźwigniowe z ruchomą (wewnętrzną) częścią trójdzielnego zaworu, wahadłowe ruchy leja-wagi powodują takie same ruchy zaworu, co z kolei zmniejsza lub zwiększa strumień wody wypływającej z dyszy względnie wody wpadającej wprost do leja.

W ten sposób uzyskuje się automatycznie albo większy strumień wody dopływającej do piasku i wówczas następuje zwiększenie gęstości mieszaniny (woda spłukuje więcej piasku), albo strumień wody zmniejsza się (woda spłukuje mniej piasku), czyli następuje rozcieńczenie mieszaniny wskutek tego, że równocześnie powiększył się strumień wody, wypływającej bezpośrednio do leja.

Aby w razie np. zatkania rurociągu lub dostania się zbyt wielkiej ilości za gęstej mieszanki do leja nie dopuścić do przelewania się jej przez lej, zawór posiada graniczne położenie, po przekroczeniu którego (przez opadnięcie w dół leja-wagi) następuje automatycznie całkowite zamknięcie dopływu wody i urządzenie przestaje działać tak długo, dopóki odpowiednia ilość mieszaniny nie spłynie z leja.

Połączenie leja-wagi z rurociągiem podsadzkowym musi być dostatecznie szczelne, by nie mogło się tamtedy dostawać powietrze do rurociągu.

Urządzenie powyższe raz nastawione i uregulowane działa automatycznie, dając stale mieszaninę o danym stosunku objętościowym piasku do wody, z dokładnością, jakiej nie można osiągnąć przy ręcznym spłukiwaniu.

W miarę rozwoju podsadzki płynnej ustaliły się ostatecznie dwa sposoby przygotowania mieszaniny:

1. Spłukiwanie wodą pod ciśnieniem za pomocą szeregu dysz, działających na dnie zbiornika wypełnionego materiałem podsadzkowym.
2. Spłukiwanie strumieniem wody materiału podsadzkowego ze zwału w zbiorniku z pewnej odległości za pomocą monitora (rys. 41).

Stosowanie pierwszego lub drugiego sposobu zależy od rodzaju materiału podsadzkowego. O ile materiałem jest piasek czysty, bez większych brył, kamieni i gliny, to można zastosować zmywanie przy pomocy dysz. O ile zaś skład materiału jest różnorodny i zawiera domieszki kamieni i gliny względnie materiał pochodzi z kruszarki, wówczas będzie możliwe jedynie spłukiwanie monitorem. Można powiedzieć, że sposób drugi jest uniwersalny, bo może być zastosowany równie dobrze do

Rys. 41. Zmywanie piasku monitorem w zbiorniku skarpowym

czystego piasku. Przy spłukiwaniu za pomocą dysz powstaje obawa, żeby za dużo materiału nie poszło naraz, zanim ten zostanie dobrze zmieszany z wodą. Dlatego też stosuje się tu raczej więcej dysz, a otwory, którymi spływa gotowa mieszanina, są mniejszych wymiarów. Przy dobrym materiale podsadzkowym spłukiwanie za pomocą dysz daje bardziej jednostajną mieszaninę.

Największą trudność przy spłukiwaniu stanowi niejednorodność materiału. Oddzielanie większych kawałków i rozdrabianie ich do wielkości pożądanej przeprowadza się w różny sposób, zależnie od ilości domieszek grubego żwiru, kamieni itp.

Praktycznie mieszanina podsadzkowa nie powinna zawierać kawałków większych od 40 mm, najwyżej w niewielkim procencie. Najwięcej kłopotu sprawia glina, gdyż równomierne zmieszanie jej z wodą jest

bardzo trudne. Z jednej strony nie można rozpuścić gliny zbytnią ilością wody, gdyż wtedy glina jako zawiesina nie osadzi się w miejscu podsadzania, lecz spłynie z wodą, z drugiej strony przy małej ilości wody trudno jest utworzyć mieszaninę równomierną. Konieczne jest zatem rozbicie gliny na stosunkowo małe kluski, które by później zostały osadzone razem z piaskiem.

W razie różnorodnego składu materiału podsadzkowego istnieją w podsadzkowni osobne urządzenia rozdrabiające.

Przy niewielkich ilościach domieszek o większych bryłach ruszciarz rozbija ręcznie kamienie na sicie rusztowym (zbiorczym), na które spływa mieszanina robiona w tych przypadkach monitorem, bądź odrzuca je razem z korzeniami roślin, bryły zaś gliny rozcina na kawałki przechodzące przez otwory w sicie (50 — 80 mm).

Do rozbijania gliny używa się również dodatkowego monitora i wtedy działaniem silnego strumienia wody z niewielkiej odległości przeciskane są nieduże kawałki gliny przez sito. Nadmiernej wielkości kamienie (jak głazy narzutowe), korzenie, kawałki drzewa, żelazo itp. wywozi się na zewnątrz zbiornika (podsadzkowni).

Przy większej ilości domieszek kamienia i gliny przeprowadza się operację w dwu ujęciach. Na sicie rusztowym ręcznie rozdrabia się bryły powyżej 120 — 150 mm, pozostałe kawałki 40 — 150 mm oddziela się mechanicznie przez odsianie na sicie bębnowym i rozdrabia się w kruszarce szczękowej lub stożkowej, bądź w gniotowniku (młynie chilijskim), w którym oprócz czystego kruszenia zachodzi też rozcieranie. Gniotowniki spełniają dobrze swą rolę, szczególnie gdy materiał jest gliniasty. Materiał 0—40 mm unoszony wodą w korytach o nachyleniu około 12—14° dostaje się wprost na lej.

Tak więc w zależności od składu materiału podsadzkowego może zajść konieczność zainstalowania całej fabryki przygotowującej mieszaninę podsadzkową.

5. TYPY ZBIORNIKÓW PODSADZKOWYCH I ICH BUDOWA

W związku z rodzajem materiału podsadzkowego i sposobem przygotowania mieszaniny powstały w naszej praktyce dwa typy zbiorników, a to:

komorowe (spłukiwanie za pomocą dysz),

skarpowe (spłukiwanie za pomocą monitora).

Załączone przykładowe schematy dają wyobrażenie o urządzeniach stosowanych na podsadzkowni (rys. 42 i 43).

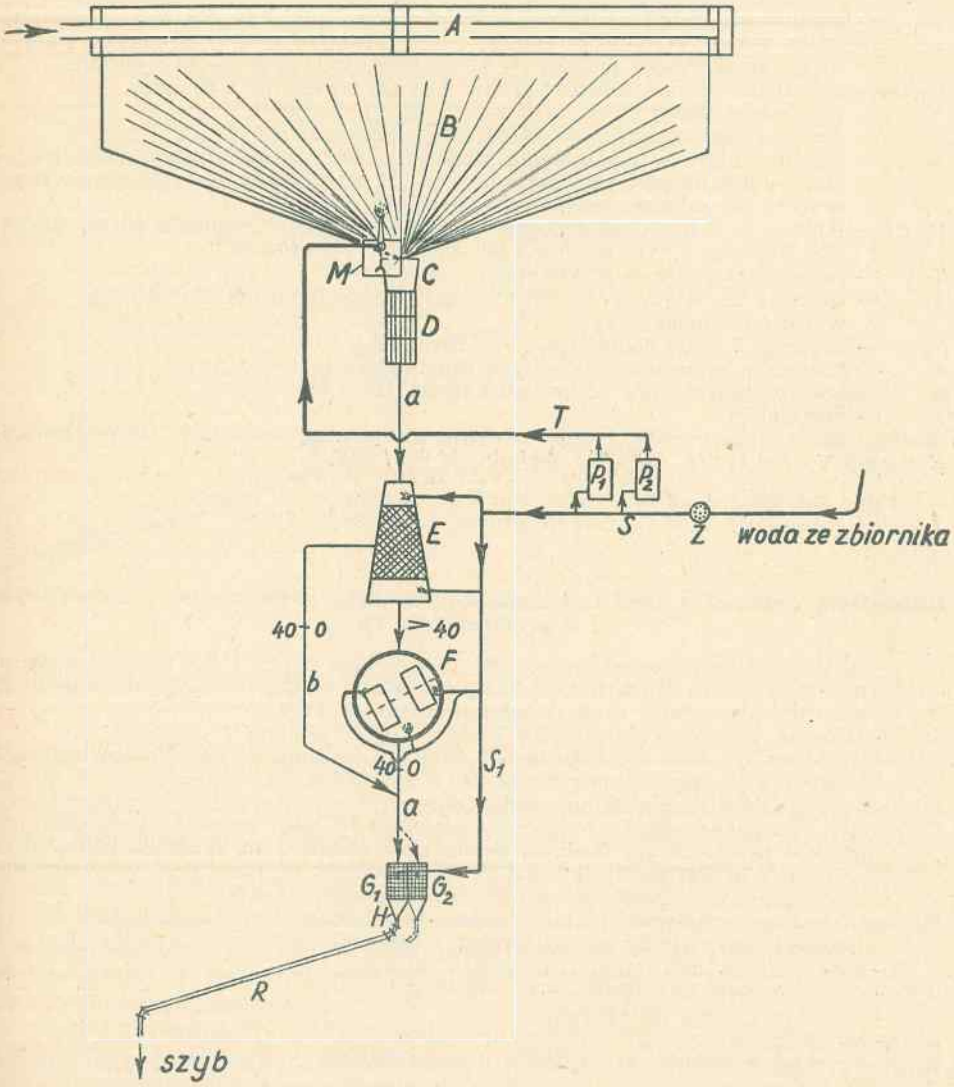
Ponieważ spłukiwanie monitorem jest stosowane również i do materiału gorszego, bardziej różnorodnego, dlatego też często przy zbiornikach o typie skarpowym istnieją urządzenia mechaniczne do sortowania i kruszenia materiału grubszego, podczas gdy przy zbiornikach komorowych wcale ich nie ma albo są tylko bardzo rzadko.

Zbiorniki typu komorowego są otoczone ścianami ze wszystkich stron i mają dno nachylone pod kątem około 15°. Mogą one być wypełnione w całości materiałem podsadzkowym.

Zbiorniki typu skarpowego mogą być albo otwarte, albo też przykryte; materiał jest w nich usypany w postaci zwału. Dno zbiorników skarpowych jest płaskie lub wykształtowane w naprzemianległe

grzbiety i zagłębienia, w których umieszczone są koryta o nachyleniu 10 — 14°. Również i nachylenie grzbietów w kierunku koryt wynosi co najmniej ~ 12°. Te grzbiety i zagłębienia zbiegają się gwiaździście przy sicie rusztowym, gdzie następuje wstępne rozsortowanie materiału podsadzkowego. Nachylenie grzbietów i koryt ma za zadanie ułatwienie urabiania i spłukiwania mieszaniny.

Ponieważ zarówno pod działaniem silnego strumienia wody, jak i wskutek ruchu ostrego materiału podsadzkowego, dna koryt szybko się zużywają, wykłada się je niekiedy materiałem twardym np. kostką granitową.



Rys. 42. Schemat urządzenia podsadzkowni ze zbiornikiem skarpowym

Objaśnienia oznaczeń i dane techniczne do schematu urządzenia podsadzkowni (rys. 42)

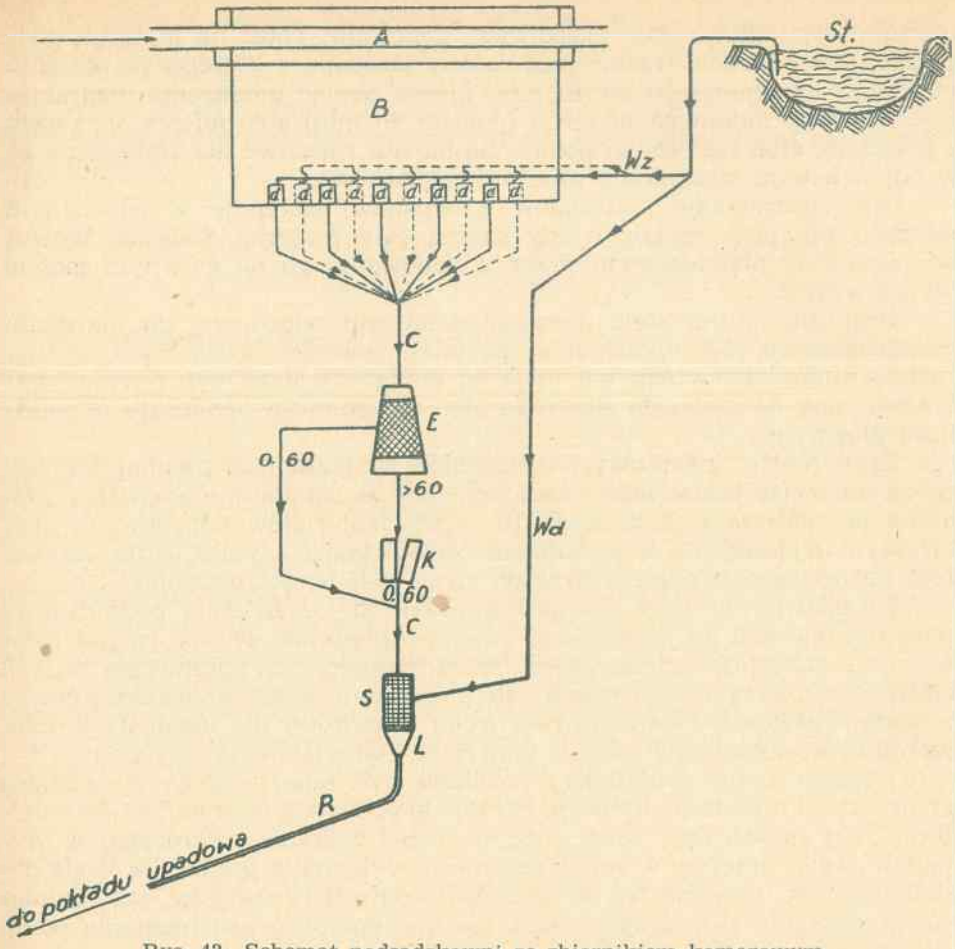
A — most wyładowczy: długość — 60 m, szerokość — 5 m, wysokość nad zbiornikiem — 8 m; możliwość wyładowania — 6—7 wozów po 10 m^3 i 12—10 wozów po 4—5 m^3.
B — zbiornik skarpowy; zapas piasku praktycznie około 3 000 m^3 w zbiorniku otwartym.
C — płyta żelazna z urządzeniem elektromagnetycznym; dynamo — 1,5 KM, V = 120/200, n = 2 300.
D — sito rusztowe — 1,80 × 1,30 m; otwory 150 × 500 mm, pochylenie ~ 5°.
E — sito bębnowe stożkowe: otwory o średnicy 40 mm, grubość blachy = 10 mm, długość bębna 5,15 m, średnica na wlocie 1,10 m, średnica na wylocie 2 m, kąt nachylenia ~ 5°, ilość obrotów 13 — 15/min, powierzchnia użyteczna sita ~ 10,5 m^2.
F — gniotownik (młyn chilijski): ilość obrotów — n = 17 obr/min, wydajność (glina + żwir) ~ 0,3—0,5 m^3/min, ciężar walców = 8 t, średnica walców — 1,8 m, szerokość walców — 0,5 m, otwory na dnie — 40 × 40 mm.
G_1, G_2 — sita rusztowe nad lejem — 1,30 × 0,87 m, otwory 60 × 60 mm.
H — lej podsadzkowy.
R — rurociąg podsadzkowy — ∅ 150 mm, nachylenie ~ 9°.
M — monitor: obrót w płaszczyźnie pionowej ~ 105°, obrót w płaszczyźnie poziomej — 360°, długość rury stożkowej ~ 1,50 m, średnica dyszy 20 mm, wydajność ~ 100 m^3/godz przy 8 at, zasięg ~ 25 m.
P_1, P_2 — pompy — 2 m^3; ilość obrotów n = 1 400, wysokość ciśnienia 80 m, silniki: E = 2 000 V, I = 20 A, n = 1 450 obr/min, N = 40 kW.
T — rurociąg tłoczący — ∅ 175 mm.
S — rurociąg zasilający — ∅ 250 mm (zasilanie ze zbiornika otwartego ~ 10 m wyżej położonego).
S_1 — rurociąg z wodą dodatkową — ∅ 100 mm.
a — koryto ze segmentów żeliwnych długości 0,5 m i ∅ 0,5 m.
b — koryto zbiorcze jak *a*; kąt nachylenia 11° — 12°.
Z — wodomierz.
Silnik napędza gniotownik i sito bębnowe za pomocą transmisji. Dane silnika: *E* = 2 000 V, *I* = 18,7 A, *n* = 730 obr/min, N = 37 kW.

Uwaga: Odległość A od D = 22 m, różnica poziomów = 13 m;
odległość A od G = 49 m, różnica poziomów = 21 m.

Objaśnienia oznaczeń i dane techniczne do schematu podsadzkowni z komorowym zbiornikiem (rys. 43)

A — most samowyładowczy: długość 18 m, szerokość 5,5 m + 2 × 0,8 m, wysokość nad zbiornikiem 16 m, możliwość jednoczesnego wyładowania 3 wozów po 6 m^3.
B — zbiornik komorowy: zapas piasku praktycznie 3 000 m^3.
St — zbiornik wodny — staw leżący 20 m wyżej od komory z dyszami.
d — dysze wodne: ilość — 10 sztuk (2 × 5 sztuk), średnica wylotu 30 mm, ciśnienie wody 2 at; jednocześnie pracuje 2 — 5 dysz.
C — koryto ściekowe mieszaniny podsadzkowej.
E — sito bębnowe stożkowe o średnicy otworów 60 mm: grubość blachy 10 mm, długość bębna 3,6 m, średnica bębna przy wlocie 1 m, średnica bębna przy wylocie 2 m, kąt nachylenia osi 0°, ilość obrotów na minutę 34, powierzchnia użyteczna sita ~ 9 m^2, moc silnika napędzającego 9,8 kW.
K — kruszarka szczękowa o klasie kruszenia od 0 do 60 mm: wydajność 8 — 10 ton/godz, moc silnika napędzającego — 40 kW.
S — sito rusztowe nad lejem, otwory 60 × 60 mm.
Wz — rurociąg zasilający dysze — ∅ 170 mm.
Wd — rurociąg z wodą dodatkową.
L — lej podsadzkowy.
R — rurociąg podsadzkowy — ∅ 175 mm, nachylenie ~ 8°.

Uwaga: Podsadzkownia nie posiada pompy; woda podsadzkowa doprowadzona jest przy pomocy urządzenia syfonowego ze stawu, leżącego 20 m wyżej od komory zmywczej



Rys. 43. Schemat podsadzkowni ze zbiornikiem komorowym

6. ZAGADNIENIE ZUŻYWANIA MATERIAŁÓW DODATKOWYCH DO PIASKU

Przy używaniu do podsadzki odpadów mechanicznej przeróbki węgla, kamienia wydawanego z dołu, starych hałd kopalnianych, hałd hutniczych, popiołu itp. należy zwrócić uwagę, że wszystkie te materiały zawierają bryły i ziarna o wielkości większej niż 40 mm, co w praktyce uważa się za górną granicę ziarn materiału podsadzkowego.

Wynika stąd konieczność rozsortowania tego materiału i rozdrobienia go. Można to wykonać albo w urządzeniach rozdrabiających, zainstalowanych na podsadzkowni, albo też oddzielnie, w urządzeniach zbudowanych przy szybie.

O ile rozdrabianie odbywa się w urządzeniach na podsadzkowni, nie należy tego materiału wyładowywać wprost na moście i łączyć z piaskiem, gdyż spłukiwanie takiego materiału, zwłaszcza wielkich brył, jest utrudnione i zwykle bryły te zostają na miejscu, zanieczyszczając

i utrudniając spłukiwanie piaskowego materiału. Toteż na materiał podsadzkowy z odpadów trzeba mieć osobny zbiornik, z którego, po odsianiu materiału drobniejszego od 40 mm, można zasilać urządzenia rozdrabiające. Odsiany natomiast materiał (poniżej 40 mm) albo miesza się razem z piaskiem, albo też osobno podaje się na sito rusztowe dla zmieszania go w odpowiednim stosunku z mieszaniną piaskową.

Gdy rozdrabianie materiałów z odpadów następuje w oddzielnym miejscu, np. przy szybie, wtedy można cały materiał dodawać wprost do piasku na podsadzkowni przez wyładowanie go na głównym moście wyładowczym.

Jeśli nie można stale dodawać domieszki odpadowej do materiału podsadzkowego (np. wymaganie specjalnie dobrego podsadzenia w filarach ochronnych), wtedy ten materiał odpadowy musi być również wyładowywany do osobnego zbiornika albo do osobnego przedziału w zbiorniku głównym.

Zagadnienie dodatkowych materiałów w podsadzce płynnej nie jest dotąd należycie postawione i czas już, żeby je ostatecznie rozwiązać. Dodatek do materiału piaskowego 10 — 20% materiałów odpadowych przy zwykłym podsadzaniu daje zupełnie zadowalające wyniki, o ile oczywiście nie ma specjalnych zastrzeżeń co do ściśliwości podsadzki.

Niezależnie od tego, jak przygotowuje się mieszaninę podsadzkową powinna ona nad lej przechodzić na sito o otworach 40 mm, co jest ostatecznym zabezpieczeniem przed przedostaniem się nadmiernie dużych ziarn do rurociągu. Poza tym na sicie następuje lepsze zmieszanie piasku z wodą. Tutaj też dodaje się tzw. *wodę dodatkową* dla ustalenia w mieszaninie ostatecznego stosunku materiału podsadzkowego do wody.

Dopływ wody dodatkowej powinien być zabezpieczony z osobnego zbiornika i uniezależniony od pomp tłoczących wodę do dysz lub do monitora. Taki sposób daje zabezpieczenie przed zatkaniem rurociągu w wypadku nagłej przerwy w ruchu pomp (np. wyłączenie prądu). Ta woda dodatkowa jest używana też do wszelkiej kontroli rurociągów, jak również do przetykania rur, dzięki czemu nie ma potrzeby uruchamiania pomp głównych.

7. ZABEZPIECZENIE WODY PODSADZKOWEJ

Do podsadzki płynnej używa się zwykle wody kopalnianej. Dla stworzenia sobie rezerwy w wodzie (na przynajmniej 24-godzinne zużycie) urządza się w pobliżu podsadzkowni wielkie stawy lub otwarte baseny, które napełnia się wodą kopalnianą. Pompy dostarczające wody do monitora bądź dysz powinny mieć połączenie zarówno ze stawem, jak i z dopływem wody wprost z kopalni.

Wartość wody kopalnianej ujawnia się specjalnie w zimie, kiedy dzięki swej wyższej temperaturze ułatwia ona spłukiwanie materiału podsadzkowego.

Pora zimowa utrudnia pracę podsadzania, szczególnie w zbiornikach otwartych. Często materiał przychodzi z piaskowni zmarznięty w bryłach. Pod mostem materiał obmarza podczas spłukiwania; tworzy się skorupa trudna do przebicia strumieniem wody — słowem wydajność podsadzania spada.

Wydaje się wskazane chociażby lekko przykrywać zbiorniki otwarte, celem zabezpieczenia materiału przed obmarzaniem podczas spłukiwania. Zaprowadzenie ogrzewania może również częściowo pomóc. Podane sposoby ochronne wymagają dalszych prób, gdyż dotychczasowe doświadczenia nie dają odpowiedzi tak co do wyników, jak i opłacalności zastosowanych urządzeń.

8. URZĄDZENIA W ZBIORNIKACH, ZWIĘKSZAJĄCE LEPSZE ICH WYKORZYSTANIE

W przypadkach szeroko zakrojonego podsadzania, gdy zachodzi stała jego potrzeba, należy przewidywać dwa równoległe urządzenia do przygotowania mieszaniny, zaczynając od odrębnego spłukiwania aż do lejów. O ile materiał podsadzkowy nie zawiera nadmiaru wielkich brył, można zastosować wspólne urządzenie rozdrabiające. W każdym razie powinny istnieć dwa leje połączone z osobnymi rurociągami (chyba że rurociąg schodzi na dół otworem wiertniczym) po to, by podczas podsadzania jednym rurociągiem móc drugi kontrolować względnie przetykać.

O ile rurociąg schodzi na dół otworem wiertniczym i nie można założyć dwu rurociągów równoległych, należy, w miarę możności, doprowadzić wodę pod ten otwór ażeby podczas podsadzania można było równocześnie pracować przy drugim rurociągu na dole.

Jeżeli na podsadzkowni są dwa równoległe systemy przygotowania mieszaniny, wówczas koryta doprowadzające gotową mieszaninę na lej powinny być tak urządzone, żeby w sposób łatwy można było przerzucić strumień mieszaniny z jednego systemu na drugi. Ułatwia to lepsze wykorzystanie urządzeń w razie przerw ruchowych.

V. PODSTAWY TEORETYCZNE RUCHU MIESZANINY PODSADZKOWEJ W RUROCIĄGACH

TEORIA RUCHU MIESZANINY PODSADZKOWEJ

(Streszczenie pracy prof. dra inż. W. Budryka)

Transport materiału podsadzkowego na dół kopalni odbywa się rurami za pomocą wody. By zdać sobie sprawę ze zjawisk, jakie zachodzą w czasie podsadzania i ustalić wydajność instalacji podsadzkowej, trzeba poznać krótko podstawy teoretyczne ruchu mieszaniny podsadzkowej w rurociągach. Prof. dr inż. W. Budryk, opierając się na wzorach hydrauliki, na nauce o opadaniu ciał w wodzie oraz na doświadczeniach praktycznych, opracował teorię ruchu podsadzki płynnej w rurociągach w zastosowaniu do piasku kwarcowego (Przegląd Górniczo-Hutniczy 1929, nr 5 — 10). Na tej teorii opierają się wzory pozwalające ocenić daną instalację względnie zdać sobie sprawę z wydajności projektowanej i jej sposobu pracy. Przede wszystkim należy przypomnieć kilka pojęć podstawowych.

DEFINICJA MIESZANINY PODSADZKOWEJ

Mieszaniną podsadzkową z punktu widzenia podsadzki płynnej nazywa się taka mieszanina mechaniczna materiału podsadzkowego i wody, w której wszystkie ziarna tego materiału są w styczności z wodą i w której wszystkie wolne przestrzenie między ziarnami materiału w każdym punkcie przewodu są wypełnione wodą. Zatem od chwili nasycenia materiału wodą zaczyna się mieszanina podsadzkowa.

W omawianej mieszaninie podsadzkowej nieunikniona jest domieszka niedużej ilości powietrza w postaci pęcherzyków. Domieszkę tę uważa się za zjawisko przygodne, które nie ma większego wpływu na ruch mieszaniny. Zawartość natomiast większej ilości powietrza w rurociągach podsadzkowych w postaci tzw. „worków powietrznych" odgrywa rolę w ruchu mieszaniny i musi być brana pod uwagę.

ZASADNICZE WARUNKI RUCHU MIESZANINY PODSADZKOWEJ

Ruch mieszaniny podsadzkowej jest możliwy przy zachowaniu następujących zasadniczych warunków:

a. Prędkość wody musi być większa od pewnej granicznej wielkości zależnej od materiału podsadzkowego, wielkości jego ziarn i kąta nachylenia przewodu (pojęcie tzw. prędkości krytycznej).
b. Wszystkie ziarna materiału podsadzkowego muszą się znajdować w styczności z wodą w każdym punkcie przewodu (pojęcie mieszaniny podsadzkowej).

c. Woda musi posiadać potrzebną ilość energii *(wysokość naporu)* dla pokonania w przewodzie oporów ruchu samej wody jak i materiału podsadzkowego.
d. Przekrój strumienia mieszaniny podsadzkowej musi być większy od największego przekroju poszczególnych ziarn.

Warunki powyższe oparte są na założeniach, że:

1. mieszanina podsadzkowa nie jest mieszaniną jednorodną w tym znaczeniu, żeby do niej jako całości można było stosować znane z hydromechaniki prawa przepływu cieczy w przewodach;
2. prawom tym podlega jedynie składnik płynny mieszaniny (woda), który powoduje ruch poszczególnych ziarn składnika stałego (materiału podsadzkowego).

POJĘCIE PRĘDKOŚCI WZGLĘDNEJ I KRYTYCZNEJ

Po ustaleniu się ruchu mieszaniny wielkość naporu wody na ziarno w niej umieszczone jest funkcją tzw. *prędkości względnej* v_o, która jest różnicą prędkości wody v_w i prędkości ziarna v_p, czyli $v_o = v_w - v_p$. Można dowieść przy ruchu mieszaniny podsadzkowej, że dla danego ziarna i nachylenia przewodów prędkość względna v_o jest wielkością stałą i wielkość ta nazywa się *prędkością krytyczną.*

Prędkosc krytyczna mieszaniny podsadzkowej jest zatem tą wielkością granicznej prędkości względnej v_o poszczególnych ziarn, poniżej której ruch materiału podsadzkowego nie jest możliwy. Dla umożliwienia więc ruchu materiału podsadzkowego, złożonego z ziarn różnej wielkości i ciężaru właściwego, prędkość wody w każdym punkcie rurociągu (przy różnym kącie nachylenia) nie może być mniejsza od największej prędkości krytycznej v_o poszczególnych ziarn. W praktyce mamy w instalacji podsadzkowej stałą średnicę rurociągów i mniej więcej stałe i jednorodne zasilanie mieszaniną podsadzkową, wobec czego zarówno prędkość wody, jak i materiału podsadzkowego jest wielkością zmienną, zależną od kąta nachylenia.

Ustalone praktycznie prędkości krytyczne dla różnych materiałów są następujące:

piasek miałki	0,10 m/sek
piasek ostry	0,70 m/sek
piasek gliniasty	0,31 m/sek
piasek zwykły	0,20 m/sek
ziemia	0,08 m/sek
glina (muł)	0,16 m/sek
glina w kulkach	1,00 m/sek
popiół kotłowy	0,30 m/sek
żużel granulowany	0,20 m/sek
żużel wielkopiecowy zmielony	3,00 m/sek
skała płonna zmielona	2,00 m/sek
odpady płuczkowe z hut cynkowych	1,50 m/sek

ZJAWISKO UNOSZENIA ZIARN W PRĄDZIE WODY I ROZKŁAD MIESZANINY W PRZEKROJU POPRZECZNYM RUROCIĄGU

Przy ruchu mieszaniny ziarn stałych umieszczonych w wodzie, po przekroczeniu pewnej określonej prędkości wody, zachodzi zjawisko podnoszenia i unoszenia ziarn przez prąd na pewną wysokość nad dnem

V. PODSTAWY TEORETYCZNE RUCHU MIESZANINY PODSADZKOWEJ W RUROCIĄGACH

TEORIA RUCHU MIESZANINY PODSADZKOWEJ

(Streszczenie pracy prof. dra inż. W. Budryka)

Transport materiału podsadzkowego na dół kopalni odbywa się rurami za pomocą wody. By zdać sobie sprawę ze zjawisk, jakie zachodzą w czasie podsadzania i ustalić wydajność instalacji podsadzkowej, trzeba poznać krótko podstawy teoretyczne ruchu mieszaniny podsadzkowej w rurociągach. Prof. dr inż. W. Budryk, opierając się na wzorach hydrauliki, na nauce o opadaniu ciał w wodzie oraz na doświadczeniach praktycznych, opracował teorię ruchu podsadzki płynnej w rurociągach w zastosowaniu do piasku kwarcowego (Przegląd Górniczo-Hutniczy 1929, nr 5 — 10). Na tej teorii opierają się wzory pozwalające ocenić daną instalację względnie zdać sobie sprawę z wydajności projektowanej i jej sposobu pracy. Przede wszystkim należy przypomnieć kilka pojęć podstawowych.

DEFINICJA MIESZANINY PODSADZKOWEJ

Mieszaniną podsadzkową z punktu widzenia podsadzki płynnej nazywa się taka mieszanina mechaniczna materiału podsadzkowego i wody, w której wszystkie ziarna tego materiału są w styczności z wodą i w której wszystkie wolne przestrzenie między ziarnami materiału w każdym punkcie przewodu są wypełnione wodą. Zatem od chwili nasycenia materiału wodą zaczyna się mieszanina podsadzkowa.

W omawianej mieszaninie podsadzkowej nieunikniona jest domieszka niedużej ilości powietrza w postaci pęcherzyków. Domieszkę tę uważa się za zjawisko przygodne, które nie ma większego wpływu na ruch mieszaniny. Zawartość natomiast większej ilości powietrza w rurociągach podsadzkowych w postaci tzw. „worków powietrznych" odgrywa rolę w ruchu mieszaniny i musi być brana pod uwagę.

ZASADNICZE WARUNKI RUCHU MIESZANINY PODSADZKOWEJ

Ruch mieszaniny podsadzkowej jest możliwy przy zachowaniu następujących zasadniczych warunków:

a. Prędkość wody musi być większa od pewnej granicznej wielkości zależnej od materiału podsadzkowego, wielkości jego ziarn i kąta nachylenia przewodu (pojęcie tzw. prędkości krytycznej).
b. Wszystkie ziarna materiału podsadzkowego muszą się znajdować w styczności z wodą w każdym punkcie przewodu (pojęcie mieszaniny podsadzkowej).

c. Woda musi posiadać potrzebną ilość energii *(wysokość naporu)* dla pokonania w przewodzie oporów ruchu samej wody jak i materiału podsadzkowego.
d. Przekrój strumienia mieszaniny podsadzkowej musi być większy od największego przekroju poszczególnych ziarn.

Warunki powyższe oparte są na założeniach, że:

1. mieszanina podsadzkowa nie jest mieszaniną jednorodną w tym znaczeniu, żeby do niej jako całości można było stosować znane z hydromechaniki prawa przepływu cieczy w przewodach;
2. prawom tym podlega jedynie składnik płynny mieszaniny (woda), który powoduje ruch poszczególnych ziarn składnika stałego (materiału podsadzkowego).

POJĘCIE PRĘDKOŚCI WZGLĘDNEJ I KRYTYCZNEJ

Po ustaleniu się ruchu mieszaniny wielkość naporu wody na ziarno w niej umieszczone jest funkcją tzw. *prędkości względnej* v_o, która jest różnicą prędkości wody v_w i prędkości ziarna v_p, czyli $v_o = v_w - v_p$. Można dowieść przy ruchu mieszaniny podsadzkowej, że dla danego ziarna i nachylenia przewodów prędkość względna v_o jest wielkością stałą i wielkość ta nazywa się *prędkością krytyczną*.

Prędkość krytyczna mieszaniny podsadzkowej jest zatem tą wielkością granicznej prędkości względnej v_o poszczególnych ziarn, poniżej której ruch materiału podsadzkowego nie jest możliwy. Dla umożliwienia więc ruchu materiału podsadzkowego, złożonego z ziarn różnej wielkości i ciężaru właściwego, prędkość wody w każdym punkcie rurociągu (przy różnym kącie nachylenia) nie może być mniejsza od największej prędkości krytycznej v_o poszczególnych ziarn. W praktyce mamy w instalacji podsadzkowej stałą średnicę rurociągów i mniej więcej stałe i jednorodne zasilanie mieszaniną podsadzkową, wobec czego zarówno prędkość wody, jak i materiału podsadzkowego jest wielkością zmienną, zależną od kąta nachylenia.

Ustalone praktycznie prędkości krytyczne dla różnych materiałów są następujące:

piasek miałki	0,10 m/sek
piasek ostry	0,70 m/sek
piasek gliniasty	0,31 m/sek
piasek zwykły	0,20 m/sek
ziemia	0,08 m/sek
glina (muł)	0,16 m/sek
glina w kulkach	1,00 m/sek
popiół kotłowy	0,30 m/sek
żużel granulowany	0,20 m/sek
żużel wielkopiecowy zmielony	3,00 m/sek
skała płonna zmielona	2,00 m/sek
odpady płuczkowe z hut cynkowych	1,50 m/sek

ZJAWISKO UNOSZENIA ZIARN W PRĄDZIE WODY I ROZKŁAD MIESZANINY W PRZEKROJU POPRZECZNYM RUROCIĄGU

Przy ruchu mieszaniny ziarn stałych umieszczonych w wodzie, po przekroczeniu pewnej określonej prędkości wody, zachodzi zjawisko podnoszenia i unoszenia ziarn przez prąd na pewną wysokość nad dnem

(*zjawisko zawieszenia*). Ciało stałe, umieszczone w cieczy o różnej prędkości sąsiednich strug, jest unoszone na skutek różnicy tych prędkości w stronę strug szybszych. Doświadczenia wykazały, że przy prędkości wody 0,40 m/sek rozpoczyna się ruch piasku na dnie, a przy 0,88 m/sek piasek wchodzi w stan zawieszenia.

Przy mieszaninie podsadzkowej zachodzi też to zjawisko i na skutek tego rozkład mieszaniny w przekroju poprzecznym rurociągu jest niesymetryczny, odmiennie jak przy wodzie. Mieszanina zajmuje zasadniczo pewną część przewodu mniejszą od całkowitego przekroju rurociągu.

WSPÓŁCZYNNIK TARCIA MIESZANINY PODSADZKOWEJ

Przy ruchu mieszaniny podsadzkowej w rurociągach materiał może być posuwany względnie toczony po dnie oraz unoszony w postaci zawiesiny; zależnie od rodzaju ruchu materiału różne są współczynniki tarcia.

W podsadzce płynnej zachodzi przypadek tarcia toczenia większych ziarn po podłożu przy spłukiwaniu osadzonego materiału w rurach. Przypadek tarcia ślizgania zachodzi przy zsuwaniu się podłoża w ciągach pochyłych, przy ruchu większych kamieni wśród drobnego zawieszonego materiału itp.

Wskutek zawieszenia części materiału w prądzie mieszaniny opory tarcia zmniejszają się i współczynnik tarcia spada. W rezultacie *współczynnik tarcia* μ przy mieszaninie podsadzkowej nie jest ściśle współczynnikiem tarcia ślizgania ziarn materiału o powierzchnię rury, lecz wielkością do niego proporcjonalną i dla ustalonego ruchu podsadzki w rurociągu jest on mniejszy od tego wpółczynnika tarcia ślizgania.

STOSUNEK WOLNYCH PRZESTRZENI MATERIAŁU LUŹNEGO DO JEGO CAŁKOWITEJ OBJĘTOŚCI I STOPIEŃ ZWILŻENIA PRZEKROJU

Całkowity przekrój strumienia S mieszaniny podsadzkowej w rurociągu jest zajęty częściowo przez wodę S_w i częściowo przez materiał podsadzkowy S_p. Na ogół w czasie ruchu mieszaniny wielkości S_w i S_p nie są stałe, lecz zmienne, zależnie od nachylenia rurociągu. Im lepiej jest materiał zmieszany i im mniejsze są jego ziarna, tym mniejsze są zmiany w wielkościach S_p i S_w. Przy ustalonym ruchu podsadzki można przyjąć, że masa materiału jest równomiernie rozłożona i że pewne średnie wielkości S_p i S_w są stałe dla danego odcinka.

Stosunek średniej wielkości części przekroju, zajętego przez wodę S_w do całkowitej powierzchni przekroju strumienia S nazywa się *stopniem zwilżenia przekroju* a.

Najmniejszą wartość stopnia zwilżenia przekroju $a = n$ otrzymuje się wtedy, gdy rurociąg zostanie wypełniony materiałem podsadzkowym, a woda zajmie tylko wolne przestrzenie między ziarnami materiału; największa zaś wartość jest równa 1, gdy woda wypełnia całkowity przekrój.

Stosunek wolnych przestrzeni materiału do jego całkowitej objętości n można ustalić doświadczalnie, mierząc objętość suchego materiału podsadzkowego i objętość wody, potrzebną do wypełnienia wolnych przestrzeni.

Wartości n dla materiałów najczęściej spotykanych są następujące:

gruby piasek rzeczny	0,20
piasek o ziarnach różnej wielkości	0,29

piasek o ziarnach jednakowej wielkości i żwirek średni o ziarnie 4 — 7 mm	0,37
żwirek drobny (4 mm) i piasek gruby (2 mm) o ziarnach prawie jednakowej wielkości	0,36
piasek bardzo gruby i żwir	0,38
piasek średni (1 mm)	0,40
piasek miałki (1/3 — 1/4 mm)	0,42
czarnoziem ogrodowy	0,28
glina	0,32
ił i gleba wapnista	0,47

Przy mieszaninie ziarn różnej wielkości największą gęstość (najmniejsze n) uzyskuje się, gdy drobne ziarna wypełniają przestrzenie między grubymi.

Ponieważ przekrój przepływu mieszaniny podsadzkowej jest w rzeczywistości mniejszy od całkowitego przekroju strumienia (rurociągu) i ponieważ trzeba jeszcze uwzględnić pewną swobodę ruchu ziarn, żeby nastąpił ruch mieszaniny, przyjmuje się jako wartość minimalną dla stopnia zwilżenia przekroju $a_{min} = 1{,}5 — 1{,}6\ n$. Jeżeli stopień zwilżenia przekroju spada poniżej $a_{min} = 1{,}6\ n$, to następuje zatkanie rurociągu. Podobnie jak prędkość wody przy stałej średnicy rurociągu, tak i stopień zwilżenia przekroju, zależnie od tej prędkości jest wielkością zmienną, zależną od kąta nachylenia przewodu.

STOSUNEK MIESZANINY PODSADZKOWEJ

Stosunek mieszaniny e jest to stosunek objętości materiału podsadzkowego do ilości wody. Przy wszelkich obliczeniach bierze się pod uwagę stosunek mieszaniny o rzeczywistej objętości, tzn. bez przestrzeni wolnych.

Praktyka posługuje się stosunkiem objętościowym e' łącznie z przestrzeniami wolnymi. Dla ustalenia stosunku e są praktycznie do dyspozycji dane — objętość piasku naturalnej wilgotności i ilość wody włącznie z przepłukiwaniem przed rozpoczęciem i po zakończeniu podsadzania. Ilość wody na przepłukiwanie rurociągu (10 — 15%) powinna być przy obliczeniach wyłączona.

Zależność między e i e' może być wyrażona za pomocą wzoru

$$e' = e\frac{\delta}{\gamma},$$

gdzie δ — ciężar właściwy ziarn podsadzki,

γ — ciężar objętościowy materiału podsadzkowego.

W czasie ruchu mieszaniny podsadzkowej stosunek mieszaniny początkowy ulega zmianie, zależnie od kąta nachylenia danej części przewodu (powstaje tzw. kinetyczny stosunek mieszaniny), analogicznie do stopnia zwilżenia przekroju (od którego jest stosunek mieszaniny zależny). Żeby ruch się odbywał, musi stosunek mieszaniny zadośćuczynić warunkowi

$$0 < e \frac{0{,}6 — n}{n}.$$

SPADEK HYDRAULICZNY

Ruch mieszaniny podsadzkowej uważa się za ruch wody, która na swej drodze musi pokonać dodatkowe opory, związane z przeniesieniem materiału w przewodzie. Wysokość strat energetycznych na pokonanie oporów ruchu wody i przenoszenia materiału w przewodzie, przeliczona na jednostkę długości przewodu, nazywa się — *spadkiem hydraulicznym* (jednostkowy spadek naporu).

Całkowity spadek hydrauliczny

$$J = i + j,$$

gdzie i — jest spadkiem hydraulicznym, spowodowanym oporami ruchu wody w przewodzie,

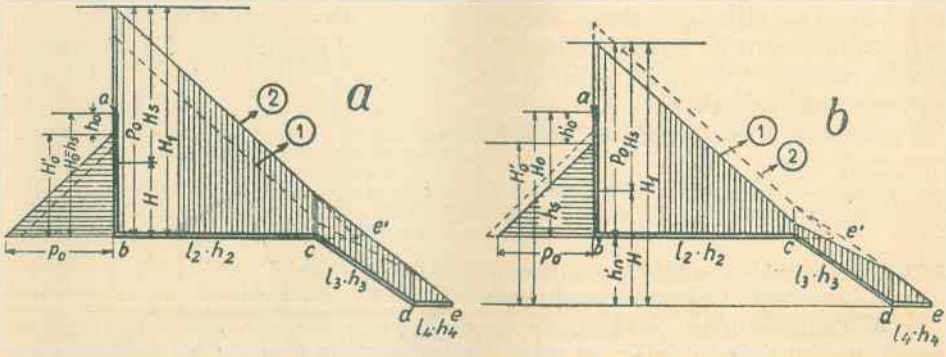
j — jest spadkiem hydraulicznym, spowodowanym zużyciem energii wody na przenoszenie materiału podsadzkowego; to zużycie energii jest wynikiem

a. tarcia wody o powierzchnię boczną ziarn materiału,
b. działania dynamicznego na ziarna materiału,
c. tworzenia się wirów.

Spadek hydrauliczny j zależy od współczynnika oporu materiału podsadzkowego A i stosunku mieszaniny e. Na wielkość współczynnika A wpływa współczynnik tarcia materiału podsadzkowego μ, ciężar właściwy ziarn materiału δ, przeciętny ciężar właściwy mieszaniny podsadzkowej ϑ oraz kąt nachylenia strumienia mieszaniny podsadzkowej α.

CAŁKOWITY SPADEK NAPORU

Całkowity spadek naporu H dla pokonania oporów ruchu wody i przenoszenia materiału podsadzkowego na całej długości rurociągu jest



Rys. 44. Profil podłużny rurociągu

1. linia naporu — ruch jednostopniowy, 2. linia naporu — ruch wielostopniowy

sumą iloczynów spadków hydraulicznych (jednostkowych) i długości odpowiednich odcinków $H = \Sigma J \cdot l$. (Na rys. 44 — Hs oznacza spadek naporu na długości $l_1 = h_s$).

CAŁKOWITA WYSOKOŚĆ INSTALACJI PODSADZKOWEJ I WYSOKOŚĆ UŻYTECZNA URZĄDZENIA

Do przezwyciężenia zarówno oporów ruchu mieszaniny, jak i uzyskania koniecznej prędkości tej mieszaniny, potrzebne jest pewne ciśnienie. Dla jego uzyskania musi miejsce zasilania rurociągu mieszaniną podsadzkową leżeć wyżej niż wylot jej z rurociągu. Ruch mieszaniny odbywa się zatem pod naporem uzyskanym przez różnicę poziomów wlotu i wylotu mieszaniny. Jest to całkowita wysokość instalacji podsadzkowej. Rozporządzalna wysokość użyteczna, czyli rozporządzalna wysokość naporu $H_o = \Sigma h - 10$, gdzie h jest pionową wysokością w metrach poszczególnych odcinków rurociągu (rys. 44), a liczba 10 stanowi poprawkę, uwzględniającą największą wielkość ssania, jakie zwykle istnieje w rurociągu pod lejem.

Porównując całkowity spadek naporu H z rozporządzalną wysokością użyteczną instalacji podsadzkowej H_o można stwierdzić, czy instalacja jest wykorzystana. Różnica tych dwu wartości $H_o - H$ wskazuje na niewykorzystanie dla ruchu mieszaniny części rozporządzalnej wysokości instalacji podsadzkowej, a równocześnie daje miarę ilości powietrza zasysanego przez lej podsadzkowy.

Znając całkowity spadek naporu H_1 w rurociągach przyłączonych do odcinka pionowego (szyb, otwór) oraz różnicę niwelacyjną wylotu rurociągu i podszybia h'_n, można łatwo obliczyć ciśnienie p_o, panujące w rurociągu na podszybiu względnie pod otworem.

Znając ciśnienie na podszybiu p_o i znając jednostkowy spadek naporu J oraz długość odcinka pionowego h_s można wyznaczyć poziom, do którego powinna byłaby sięgać mieszanina podsadzkowa w pionowej części rurociągu bez uwzględnienia działania worków powietrznych.

Różnica głębokości szybu (otworu) i wysokości słupa mieszaniny w części pionowej rurociągu (rys. 44) jest wielkością strefy tworzenia się worków powietrznych h_o lub h'_o.

Różnica tego teoretycznego poziomu słupa mieszaniny w części pionowej rurociągu (szyb, otwór) i wylotu rurociągu jest *wysokością użyteczną instalacji* H'_o, która jest wykorzystana do przetransportowania mieszaniny podsadzkowej (rys. 44) (czyli pokonania całkowitego spadku naporu H).

ŚREDNI ROZPORZĄDZALNY SPADEK HYDRAULICZNY INSTALACJI PODSADZKOWEJ

Stosunek rozporządzalnej wysokości użytecznej instalacji do sumy długości poszczególnych odcinków rurociągu daje *średni rozporządzalny spadek hydrauliczny instalacji podsadzkowej*

$$J_s = \frac{\Sigma h - 10}{\Sigma l}.$$

SPADEK HYDRAULICZNY PRZY RUROCIĄGACH POCHYŁYCH I PIONOWYCH

Jak wykazało doświadczenie przy rurociągach ułożonych z dużym upadem, mieszanina podsadzkowa rozdziela się na dwie części. Bliżej dna gromadzi się materiał w postaci gęstej mieszaniny, a wyżej jest woda. W tym przypadku można przyjąć, że spadek hydrauliczny na przeno-

szenie materiału j odpada. Dlatego przyjmuje się przy odcinkach rurociągu o wielkim upadzie, że *całkowity spadek hydrauliczny* jest równy spadkowi zużytemu na pokonanie oporów ruchu wody.

W rurociągach ułożonych z upadem, gdy kąt nachylenia równy jest kątowi tarcia (odpowiadającemu współczynnikowi tarcia materiału podsadzkowego), materiał nie stawia żadnego oporu przesunięciu w kierunku ruchu wody.

Przy rurociągach pionowych ($\alpha = -90^0$), jak również zbliżonych do tego kierunku, wytworzenie się osobnej warstwy materiału jest niemożliwe i tam materiał wywiera napór na wodę, przez co powstaje zmniejszenie całkowitego spadku hydraulicznego J. Materiał podsadzkowy wywiera napór na cząstki wody w kierunku jej ruchu.

INSTALACJE PODSADZKOWE JEDNOSTOPNIOWE I WIELOSTOPNIOWE

Ruch mieszaniny podsadzkowej w rurociągu może się odbywać albo przekrojem pełnym pod ciśnieniem, albo też bez ciśnienia, przekrojem niewypełnionym. Ten drugi przypadek może zachodzić przy rurociągach pochyłych, o upadzie większym niż kąt odpowiadający współczynnikowi tarcia materiału podsadzkowego.

Gdy cały *rurociąg* pracuje przekrojem wypełnionym pod ciśnieniem, nazwamy go *jednostopniowym*. Rurociąg nazywa się *wielostopniowy*, gdy składa się na przemian z odcinków, w których ruch mieszaniny odbywa się przekrojem niewypełnionym i wypełnionym. Mówi się też o instalacji jednostopniowej względnie wielostopniowej.

Przy oznaczeniu całkowitego spadku naporu H i rozporządzalnej wysokości naporu H_o instalacji wielostopniowej nie bierze się pod uwagę odcinków pochyłych, ułożonych z upadem (rys. 44 a).

Przy instalacji jednostopniowej przyjmuje się dla odcinków z upadem, że materiał tworzy osobną warstwę i nie wpływa na wielkość spadku hydraulicznego, spowodowanego przenoszeniem materiału podsadzkowego ($j=0$), czyli że materiał porusza się z prędkością wody (rys. 44 b).

Jeżeli przy obliczeniu instalacji jednostopniowej wyznaczy się linię spadku naporu i jeżeli na odcinkach z dużym upadem spadek niwelacyjny okaże się większy od spadku linii naporu dla ruchu pełnym przekrojem, to jest to oznaką, że ruch może się odbywać bez ciśnienia przekrojem niewypełnionym. Wtedy trzeba sprawdzić obliczenie według sposobu dla instalacji wielostopniowej.

ROLA „WORKÓW POWIETRZNYCH" PRZY RUCHU MIESZANINY PODSADZKOWEJ

Rola większej ilości powietrza w postaci *worków powietrznych* w czasie ruchu mieszaniny w rurociągu jest bardzo ważna. Strefą tworzenia się worków powietrznych jest ta część rurociągu pionowego w pobliżu leja, która nie jest wykorzystana użytecznie dla ruchu mieszaniny. Poprzednio już zaznaczono, że można obliczyć wielkość tej strefy. W strefie tworzenia się worków powietrznych następuje odrywanie się mniejszych worków i przenoszenie ich do dalszej części rurociągu, na to jednak miejsce rurociąg zasysa przez lej nową ilość powietrza.

Strefę tworzenia worków powietrznych można zmniejszyć przez lepsze wykorzystanie instalacji, ale praktycznie nie da się jej całkowicie

usunąć, gdyż zawsze musi być nadmiar wysokości rozporządzalnej urządzenia ze względu na wahania w wielkości oporów, które trzeba pokonać w czasie ruchu mieszaniny.

Skutkiem przedostania się worków powietrznych do dolnej części rurociągu odbywa się przepływ mieszaniny z większą prędkością (gdyż przez dowolny przekrój poprzeczny rurociągu musi przepływać w jednostce czasu taka sama ilość mieszaniny, jaką doprowadza się do leja), co wywołuje wzrost oporów ruchu, czyli podnosi się poziom użytecznego słupa mieszaniny. Jest to jakby samoczynne dążenie mieszaniny do wykorzystania rozporządzalnej wysokości użytecznej instalacji podsadzkowej, która w ogóle może być wykorzystana do przetransportowania mieszaniny, czyli pokonania oporów ruchu mieszaniny i wytworzenia potrzebnej prędkości. Wtedy wysokość użyteczna instalacji będzie wysokością słupa mieszaniny podsadzkowej wraz z zawartym w niej powietrzem. Stąd ciśnienie na podszybiu będzie mniejsze, niżby ono było, gdyby ta wysokość użyteczna była wykorzystana dla ruchu samej mieszaniny (bez worków powietrznych).

Oznaką obecności worków powietrznych w mieszaninie podsadzkowej jest przerywany ruch mieszaniny przy wylocie rurociągu.

Ilość powietrza, jaką mieszanina transportuje w workach powietrznych, może być obliczona bądź na podstawie czasu wypływu mieszaniny przy wylocie i długości przerw, bądź też przez pomiar wysokości ciśnienia absolutnego pod lejem.

W poszczególnych odcinkach rurociągu, zależnie od tego czy ruch mieszaniny odbywa się pełnym przekrojem, czy też niepełnym, różnie będą zachowywać się worki powietrzne. Jeżeli przepływ odbywa się pełnym przekrojem, powstaje w przewodzie szereg worków, które płyną razem z mieszaniną (rys. 45). Są to tzw. *worki ruchome*. Gdy ruch odbywa się przekrojem niepełnym, wówczas tworzą się *worki stałe* (rys. 46). Należy jednak wyraźnie zaznaczyć, że obecność worków w rurociągu jest możliwa tylko wtedy, gdy w odcinkach pochyłych rurociągów powierzchnia przepływu mieszaniny jest znacznie mniejsza od przekroju poprzecznego rurociągu, co zachodzi przy odcinkach rurociągu położonych ze stosunkowo dużym upadem (spadkiem niwelacyjnym).

Rys. 45. Worki powietrzne ruchome (wg prof. Budryka)

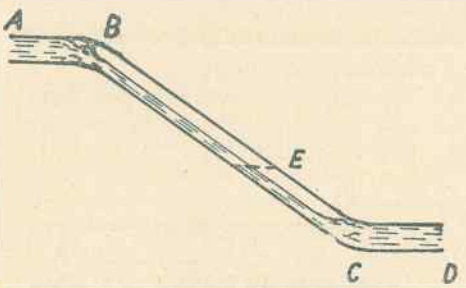
Worek stały może się utworzyć również już na początku podsadzania, gdy na pewnym odcinku o znacznym upadzie odbywa się ruch przekrojem niepełnym. W takim przypadku worek będzie się utrzymywał nawet i wtedy, gdy na leju nie następuje dalsze zasilanie rurociągu powietrzem. Ciśnienie w takim worku ustali się na wysokości potrzebnej do pokonania oporów na dalszym odcinku rurociągu (rys. 46, pkt *E*). W miarę dołączania się worków ruchomych do stałego, odrywa się takiej samej wielkości worek ruchomy z dolnej części worka stałego.

Obecność stałego worka powietrznego w pewnym odcinku rurociągu podnosi linię ciśnienia na całej jego długości powyżej umiejscowienia się worka, nie wywiera natomiast wpływu na rozkład ciśnienia w dolnej części tego rurociągu (rys. 47).

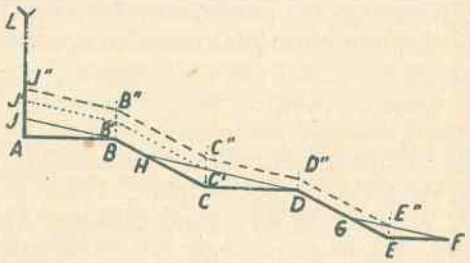
Obecność stałych worków powietrznych w rurociągu podsadzkowym wywołuje zatem następujące zmiany cechujące rurociąg wielostopniowy:

a. Wysokość ciśnienia na podszybiu powiększa się o sumę wysokości ciśnień powietrza, tworzącego wszystkie worki stałe danej instalacji.
b. Nachylenie linii ciśnień każdego wypełnionego mieszaniną odcinka rurociągu odpowiada spadkowi hydraulicznemu wywołanemu obecnością worków ruchomych.
c. Linie ciśnień w ciągach pochyłych, gdzie występują powietrzne worki stałe i gdzie zarazem ruch mieszaniny odbywa się przekrojem niepełnym, są równoległe do osi przewodu (rurociągu).

Obecność ruchomych worków powietrznych w rurociągu, powodujących zwiększenie prędkości mieszaniny, jest szczególnie niekorzystna, gdyż wpływa na wzrost zużycia rurociągów. Jak wykazały praktyczne obserwacje rurociągów pionowych, główną przyczyną nadmiernego zużycia rur w odcinkach bliżej leja jest obecność worków powietrznych w mieszaninie.



Rys. 46. Worki powietrzne stałe (wg prof. Budryka)



Rys. 47. Rozkład ciśnień przy workach powietrznych stałych (wg prof. Budryka)

Również w razie nagłej ucieczki powietrza z worka stałego przez nieszczelności rurociągu może nastąpić w nim ciężkie zatkanie. Ruch mieszaniny podsadzkowej, gdy tworzą się w niej worki powietrzne, jest bardzo niekorzystny i należy dążyć do usunięcia ich przyczyn przez zasilanie instalacji podsadzkowej możliwie dużą ilością mieszaniny.

PRĘDKOŚĆ IDEALNA WODY PRZY RUCHU MIESZANINY PODSADZKOWEJ

Prędkość wody jest czynnikiem wpływającym na wysokość spadku hydraulicznego tak na skutek oporów ruchów wody, jak i na skutek pokonania oporów przenoszenia materiału podsadzkowego. Można udowodnić, że dla danego materiału, nachylenia rurociągu, stosunku mieszaniny i wydajności podsadzki istnieje pewna określona prędkość wody, kiedy opory ruchu mieszaniny w przewodzie będą najmniejsze. Ta prędkość v_i nazywa się *idealną prędkością wody.*

Odpowiednio do idealnej prędkości wody można znaleźć *idealny stopień zwilżenia przekroju, idealną powierzchnię przepływu* oraz *idealną średnicę rurociągu.*

Dla uzyskania w przewodzie najmniejszych oporów ruchu mieszaniny należy stosować przekrój przepływu (średnicę rur) możliwie zbliżony do idealnej powierzchni przepływu. Gdy rurociąg będzie posiadał średnicę mniejszą od idealnej, to opory ruchu zwiększą się, a jeżeli głębokość kopalni nie pozwoli na uzyskanie potrzebnego spadku naporu, to w ogóle nie będzie można przetransportować potrzebnej ilości materiału podsadzkowego przy danym stosunku mieszaniny.

Gdy średnica jest większa od idealnej, wówczas zachodzi zjawisko osadzania się materiału i samoczynnego zmniejszenia przekroju do wielkości idealnej. Równocześnie z tym współczynnik tarcia μ zwiększa się, gdyż zamiast tarcia o ściankę rur, powstaje tarcie o podłoże utworzone z ziarn materiału podsadzkowego. W przypadku utworzonego podłoża zużywają się najwięcej ścianki boczne rur, co praktycznie zostało wielokrotnie stwierdzone.

Udowodnienie możliwości samoczynnego wytwarzania się w przewodzie idealnych warunków ruchu jest jednym z najbardziej oryginalnych rozdziałów teorii prof. Budryka. Na okoliczność tę dawniej nie zwracano uwagi.

W rurociągach wznoszących się ($\alpha > \varphi$), gdzie φ jest kątem odpowiadającym współczynnikowi tarcia μ, osadzony na dolnej ściance materiał ma tendencje do ruchu wstecznego (w kierunku przeciwnym ruchowi mieszaniny), co może spowodować zatkanie.

W rurociągach wznoszących się pionowo i o średnicy większej niż idealna zachodzi zjawisko kotłowania się mieszaniny, gdyż część materiału opada w przewodzie. W takich przypadkach ruch mieszaniny odbywa się przy stosunku mieszaniny wyższym aniżeli w innych odcinkach rurociągu; łatwo jest zatem o zatkanie.

Przy ruchu w warunkach idealnych dowiedziono szeregu stwierdzeń:

a. Zwiększenie wydajności podsadzki przy tej samej ilości wody pociąga za sobą zwiększenie oporów ruchu mieszaniny.
b. Zwiększenie dodatku wody przy tej samej ilości materiału zmniejsza opory ruchu mieszaniny.
c. Przy określonym spadku hydraulicznym można przeprowadzić najgęstszą mieszaninę tylko w idealnych warunkach ruchu.
d. Wobec samoczynnego wytwarzania się idealnych warunków ruchu nie może w rurociągach podsadzkowych istnieć prędkość wody mniejsza od prędkości idealnej. Jakkolwiek więc do przetransportowania pojedynczych ziarn wystarcza zachowanie warunków, ażeby prędkość wody v_w była większa od prędkości krytycznej v_o, to jednak prędkość ta będzie niewystarczająca do przeniesienia większej ilości takich samych ziarn, tworzących z wodą mieszaninę podsadzkową.
e. Całkowity spadek naporu przybiera najmniejszą wartość przy pewnym ściśle określonym stosunku mieszaniny, który nazywa się stosunkiem najkorzystniejszym e_n.
f. Cechą charakterystyczną rurociągu o średnicy idealnej jest ta okoliczność, że potrzebną wydajność podsadzki uzyskuje się przy najmniejszej prędkości ruchu mieszaniny.
g. Wydajność podsadzki w idealnych warunkach będzie tym większa, im większa jest prędkość względna materiału i wody. Dla drobnego jednak piasku będzie niekorzystne stosowanie idealnych warunków.

NAJKORZYSTNIEJSZY STOSUNEK MIESZANINY I NAJWIĘKSZA WYDAJNOŚĆ INSTALACJI PODSADZKOWEJ

Do określenia najkorzystniejszego stosunku mieszaniny podsadzkowej e_n i największej wydajności Q_p urządzenia złożonego z odcinków o różnym nachyleniu można korzystać ze wzorów wyprowadzonych dla przewodów o stałym kącie nachylenia, jeżeli:

a. za wielkość spadku hydraulicznego przyjmuje się średni rozporządzalny spadek J_s całej instalacji;

b. za współczynnik oporu materiału podsadzkowego przyjmie się jego wartość średnią A_s.

Innymi słowy, wprowadzając do wzorów wielkości średniego spadku i średniego współczynnika oporu materiału podsadzkowego, zastępuje się rzeczywisty rurociąg o profilu podłużnym łamanym, fikcyjnym rurociągiem o pewnym stałym kącie nachylenia, ale zachowuje się jednocześnie istniejącą wysokość instalacji (rozporządzalną wysokość naporu H_o) i całkowitą długość przewodu. Rozumowanie takie jest słuszne jedynie tylko do ruchu mieszaniny przekrojem wypełnionym przy użyciu stosunkowo drobnego materiału podsadzkowego.

MIESZANINA PODSADZKOWA JAKO CIECZ CIĘŻKA

Mieszaninę podsadzkową można rozpatrywać również jako ciecz ciężką. Analogicznie do teorii o opadaniu ciał w wodzie — gdzie w przypadku równoczesnego opadania dużej ilości ciał stałych przyjmuje się pojęcie tzw. *opadania skrępowanego*, tzn. że ziarna opadają nie w czystej wodzie lecz w cieczy gęstej o średnim ciężarze właściwym wody i ciała stałego — należy także i w przypadku mieszaniny podsadzkowej wprowadzić pojęcie ruchu skrępowanego. Wówczas we wzorach na prędkość względną i spadek hydrauliczny, spowodowany oporami ruchu materiału podsadzkowego, trzeba wprowadzić nie ciężar właściwy wody, lecz średni ciężar mieszaniny podsadzkowej, tj. materiału i wody.

ZESTAWIENIE OZNACZEŃ I WZORÓW PROF. BUDRYKA

Po tym, co powiedziano, można podać krótkie zestawienie wzorów prof. Budryka, które odnoszą się przede wszystkim do projektowania instalacji podsadzkowej w przypadku zastosowania piasku kwarcowego jako materiału podsadzkowego.

Oznaczenia

Q_p — objętość rzeczywista materiału podsadzkowego (piasku kwarcowego) w m^3/sek — wydajność instalacji podsadzkowej;

Q_p — objętość całkowita materiału (z wolnymi przestrzeniami) w m^3/sek ($Q_p \cdot \delta = Q_p \cdot \gamma$);

Q_w — objętość wody w m^3/sek;

δ — ciężar właściwy ziarn materiału (piasku kwarcowego) w t/m^3;

γ — ciężar właściwy materiału (razem z wolnymi przestrzeniami) w t/m^3;

$\vartheta = \frac{1+e\cdot\delta}{1+e}$ — przeciętny ciężar właściwy mieszaniny w t/m^3;

$e = \frac{Q_p}{Q_w}$ — stosunek rzeczywistej objętości materiału (kwarcu) i wody;

$e' = \frac{Q'_p}{Q_w}$ — stosunek całkowitej objętości (z wolnymi przestrzeniami) materiału (piasku) i wody ($e\cdot\delta = e'\cdot\gamma$);

μ — współczynnik tarcia materiału (dla piasku $\mu = 0{,}12$);

φ — kąt tarcia materiału;

$A = (\delta - \vartheta)\cdot(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$ — współczynnik oporu materiału;

J — spadek hydrauliczny (jednostkowy spadek naporu);

K — współczynnik oporu ruchu wody;

według Weisbacha $K = 0{,}0001834 + \frac{0{,}0001207}{v_w}$;

według Darcy $K = 0{,}0002535 + \frac{0{,}00000647}{D}$;

w zwykłych warunkach $K = 0{,}0003$

D — średnica rur w m;

$S = \frac{\pi D^2}{4}$ — przekrój poprzeczny rury w m^2;

a = kąt nachylenia rurociągu (kierunek wznoszący się jest dodatni);

l = długość odcinków rurociągu w m;

h = pionowa wysokość odcinków rurociągu w m;

v_w = prędkość wody w m/sek;

v_o = prędkość względna materiału i wody w m/sek.

Wzory

Całkowita rozporządzalna wysokość naporu instalacji podsadzkowej

$$H_o = H - 10, \qquad [1]$$

przy czym $H = \Sigma h$

Średni rozporządzalny spadek hydrauliczny (jednostkowy spadek naporu)

$$J_s = \frac{\Sigma h - 10}{\Sigma l}. \qquad [2]$$

Średni współczynnik oporu materiału podsadzkowego

$$A_s = \frac{\Sigma l\cdot A}{\Sigma l} = (\delta - \vartheta)\cdot\frac{\Sigma l\cdot(\sin\alpha + \mu\cdot\cos\alpha)}{\Sigma l}. \qquad [3]$$

Przy obliczeniu Σh i Σl we wzorach [1], [2], [3] przy urządzeniu wielostopniowym nie uwzględnia się tych odcinków rurociągów ułożonych

z upadem, w których ruch mieszaniny odbywa się przekrojem niepełnym (jak w kanałach). W przypadkach wątpliwych przeprowadza się obliczenie przy uwzględnieniu, jak i nieuwzględnianiu odcinków ułożonych z upadem.

Największa wydajność instalacji podsadzkowej

$$Q_{p\ max} = 0{,}5 \cdot S \cdot \frac{e}{1+e} \cdot \sqrt{\frac{J_s - A_s \cdot e}{\frac{K}{D} \cdot (1+e)}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{S \cdot J_s}{A_s + J_s} \cdot \sqrt{\frac{D \cdot J_s}{3 \cdot K}} \qquad [4]$$

Ze wzoru tego można też wyliczyć średnicę rur, jeżeli zadana jest wydajność instalacji.

Najkorzystniejszy stosunek mieszaniny, przy którym otrzymuje się absolutnie największą wydajność

$$e_n = \frac{2 \cdot J_s}{3 \cdot A_s + J_s} \cdot \qquad [5]$$

Stosunek mieszaniny musi zadośćuczynić warunkowi

$$0 < e < \frac{0{,}6 - n}{n},$$

gdzie n oznacza stosunek sumy wolnych przestrzeni do całej objętości materiału podsadzkowego (n bierze się z tablicy str. 62 i 63).

Jeżeli e_n nie odpowiada temu warunkowi, należy przyjąć dla e pewną wartość i na jej podstawie obliczyć $Q_{p\ max}$.

Najgęstszy stosunek mieszaniny, jaka może być przetransportowana danym przewodem

$$e_{max} = \frac{J_s}{A_s} \cdot \qquad [6]$$

Wydajność instalacji podsadzkowej przy tym stosunku jest znikoma. Jeżeli dla e_{max} otrzymuje się wartość nieskończenie wielką lub ujemną, jest to dowód, że teoretycznie mieszanina o każdym stosunku może być przetransportowana danym przewodem, praktycznie jednak e musi zadośćuczynić warunkowi, jak pod [5].

Średnia prędkość wody

$$v_m = \frac{Q_p \cdot (1+e)}{e \cdot S} \cdot \qquad [7]$$

Prędkość względna ziarn piasku kwarcowego i wody w poszczególnych odcinkach przewodu (v_o w mm/sek, d — Ø ziarn w mm).

Wzór ogólny

$$v_o = \frac{8{,}72}{d} \cdot \left[\pm \sqrt{1 \pm 97{,}23 - (\delta - \vartheta) \cdot d^2 \cdot (\sin\alpha + \mu \cos\alpha} \mp 1 \right]. \qquad [8]$$

Wzór uproszczony do ziarn o Ø małej ($d < 0{,}1$ mm)

$$v_o = 424 \cdot (\delta - \vartheta) \cdot d^2 \cdot (\sin\alpha + \mu \cdot \cos\alpha) \cdot$$

Wzór uproszczony do ziarn o $\varnothing d > 3$ mm

$$v_o = \pm 86 \sqrt{\pm (\delta - \vartheta) \cdot d \cdot (\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha)}$$

Znaki górne odpowiadają warunkowi $\varphi > -\alpha$. Znaki dolne odpowiadają warunkowi $\varphi < -\alpha$; $\operatorname{tg} \varphi = \mu$.

Średnia prędkość względna materiału i wody w poszczególnych odcinkach rurociągu

$$v_i = v_o - \frac{1}{\Sigma \frac{q}{v_w - v_o}}, \qquad [9]$$

gdzie q_1, q_2 .. — zawartość poszczególnych klas (wielkości ziarna) materiału ($\Sigma q = 1$). Do zwykłych obliczeń przyjmuje się v_s jako prędkość względną v_o ziarn średniej wielkości.

Spadek hydrauliczny w poszczególnych odcinkach rurociągu

$$J = 4 \cdot K \cdot \frac{v_w^2 \cdot (1+e)}{D} + A \cdot e. \qquad [10]$$

Całkowity spadek naporu w m

$$H = \Sigma J \cdot l. \qquad [11]$$

$H_o - H$ wskazuje niewykorzystaną dla ruchu mieszaniny część rozporządzalnej wysokości użytecznej instalacji podsadzkowej.

Strefa tworzenia się worków powietrznych

$$h_o = h_s - \frac{10 \cdot p_o}{1 - J}, \qquad [12]$$

gdzie h_s — głębokość szybu w m,
p_o — ciśnienie na podszybiu w at.

Wzór na przybliżone obliczenie *ilości zassanego powietrza* przez lej, przy zmierzeniu ciśnienia absolutnego (vacuum) pod lejem

$$Q = P_o \left[\frac{20 \cdot g \cdot S^2}{(Q_p + Q_w) \cdot \vartheta} \cdot (1 - P_o) - (Q_p + Q_w) \right], \qquad [13]$$

przy czym

g — przyspieszenie ziemskie ($g = 9{,}81$);

Q — ilość ssanego powietrza w m^3/sek przy ciśnieniu atmosferycznym;

P_o — ciśnienie absolutne pod lejem w atmosferach.

W rzeczywistości ilość Q wynosi 60% — 70% obliczonej z powyższego wzoru.

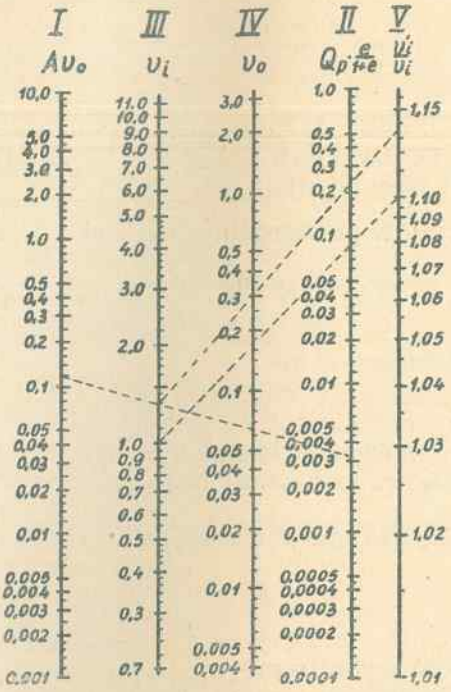
Materiał podsadzkowy osadza się w rurach na pewnym odcinku, gdy $v_w < v_i$, gdzie v_i jest idealną prędkością wody, którą można obliczyć przy pomocy nomogramu (rys. 48).

Przykład:

$$Q_p = 0{,}01 \text{ m}^3/\text{sek};\ e = 0{,}5;\ v_o = 0{,}3;\ A = 0{,}4;$$

$$A \cdot v_o = 0{,}4 \cdot 0{,}3 = 0{,}12;$$

$$Q_p \cdot \frac{e}{1+e} = 0{,}01 \cdot \frac{0{,}5}{1{,}5} = 0{,}0033 .$$



Rys. 48. Nomogram do obliczania prędkości idealnej (wg prof. Budryka)

Mając te dane, znajdujemy przy pomocy nomogramu $v_i = 1{,}31$ oraz stosunek $\frac{v'_1}{v_i} = 1{,}136$ i otrzymujemy w ten sposób poprawioną idealną prędkość wody $v'_1 = 1{,}31 \cdot 1{,}136 = 1{,}49$ m/sek.

Prawdopodobieństwo osiadania materiału w rurach jest tym większe, im większy jest kąt α, czyli w odcinkach wznoszących się.

VI. PRAKTYCZNE OBLICZENIA RUROCIĄGÓW PODSADZKOWYCH

1. UPROSZCZONY SPOSÓB OBLICZANIA RUROCIĄGÓW PODSADZKOWYCH

Celem uzupełnienia podanych w poprzednim rozdziale teoretycznych podstaw ruchu mieszaniny podsadzkowej w rurociągach, należy dołączyć pracę prof. Budryka ogłoszoną w Przeglądzie Górniczym nr 1, 1949, o uproszczonym sposobie obliczania rurociągów podsadzkowych.

Najważniejszymi zagadnieniami, jakie mogą interesować kopalnie w odniesieniu do urządzeń podsadzkowych, są:

a. określenie najkorzystniejszego stosunku piasku i wody,
b. określenie największej wydajności rurociągu podsadzkowego.

WIELKOŚCI PODSTAWOWE

O najkorzystniejszym stosunku mieszaniny piasku i wody oraz o wydajności rurociągu podsadzkowego decydują dwie zasadnicze wielkości, a mianowicie:

średni rozporządzalny spadek hydrauliczny instalacji podsadzkowej

$$J_s = \frac{H - 10}{\Sigma l}, \qquad [14]$$

średni współczynnik oporu ruchu materiału podsadzkowego

$$A_s = (\delta - \vartheta) \cdot \frac{\mu L - H}{\Sigma l}, \qquad [15a]$$

gdzie

H — różnica poziomów wlotu i wylotu rurociągu podsadzkowego w metrach,
L — długość rurociągu w rzucie pionowym w metrach,
Σl — rzeczywista długość rurociągu w metrach,
μ — współczynnik tarcia materiału,
δ — ciężar właściwy ziarn podsadzki (kwarcu) w t/m^3,
ϑ — przeciętny ciężar właściwy mieszaniny piasku i wody w t/m^3.

Przyjmując dla piasku kwarcowego w przybliżeniu $\mu = 0{,}12$ oraz $\delta - \vartheta = 1{,}3$ otrzymamy

$$A_s = 1{,}3 \cdot \frac{0{,}12 \cdot L - H}{\Sigma l}. \qquad [15b]$$

Uwaga 1

Liczba 10 w liczniku wzoru [14] została wprowadzona ze względu na to, że w rurociągu pod lejem istnieje zwykle ssanie, które jednak w żadnym razie nie może być większe od 10 metrów słupa wody. Uwzględnienie tej największej wielkości ssania jest równoznaczne z przyjęciem dla ostrożności warunków mniej korzystnych.

Uwaga 2

W tych wypadkach, gdy w niektórych odcinkach przewodu, ułożonych z upadem, ruch mieszaniny odbywa się przekrojem niewypełnionym (jak w kanałach), odcinków tych nie uwzględnia się przy określaniu H, L, Σl (rurociąg wielostopniowy). Taki ruch mieszaniny w przewodach pochyłych może mieć miejsce tylko przy małej ilości przepływającej mieszaniny oraz przy stosunkowo dużych upadach przewodu, gdzie nie zachodzi silne falowanie mieszaniny. Zjawisko takie będzie obserwowane również w wypadku zastosowania w pochylni rur o większym przekroju, np. betonowych. Przy całkowitym wykorzystaniu wydajności przewodu zjawisko takie zachodzi jednak bardzo rzadko i dlatego też przy orientacyjnych obliczeniach może być nie brane pod uwagę.

NAJKORZYSTNIEJSZY STOSUNEK MIESZANINY PIASKU I WODY

Najkorzystniejszym stosunkiem mieszaniny nazywamy taki stosunek, przy którym otrzymuje się największą wydajność instalacji podsadzkowej. Wydajność taką uzyskuje się w tym wypadku, gdy ilość wody w m^3 przypadająca na 1 m^3 piasku wynosi

$$W = 0{,}9\,\frac{A_s}{J_s} + 0{,}3\,, \qquad [16]$$

tzn. gdy stosunek objętości piasku do wody wynosi $1 : W$. Praktycznie najgęstszy stosunek mieszaniny może być przyjęty 1 : 1, a więc musi być przy tym zachowany warunek

$$W \geqslant 1\,.$$

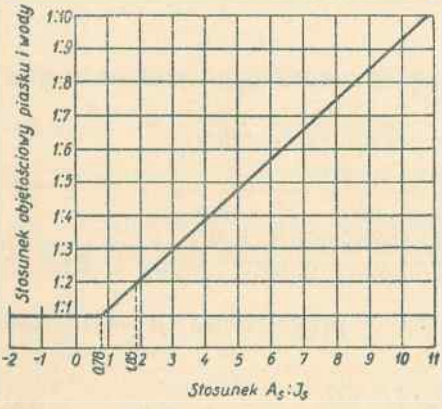
Z warunku tego wynika, że wzór [16] należy stosować tylko wtedy, gdy

$$\frac{A_s}{J_s} > 0{,}78\,.$$

Przy mniejszej wartości stosunku

$$\frac{A_s}{J_s}$$

powinien być przyjęty stosunek mieszaniny 1 : 1.



Rys. 49. Najkorzystniejszy stosunek mieszaniny piasku i wody

Na rys. 49 przedstawiony został wykres wielkości objętościowego stosunku piasku i wody w zależności od $\frac{A_s}{J_s}$.

Z powyższych wzorów wynika, że najkorzystniejszy stosunek mieszaniny nie zależy od średnicy rurociągu.

W stosunku do poprzednio przyjętych oznaczeń $W = \frac{1}{e'} = \frac{\gamma}{e \cdot \delta}$.

NAJWIĘKSZA WYDAJNOŚĆ RUROCIĄGU PODSADZKOWEGO

Największa ilość piasku Q_p m³/godz, jaka może być przetransportowana za pomocą danego rurociągu w ciągu godziny, zależy z jednej strony od jego średnicy D, z drugiej zaś od wielkości J_s i A_s. W stosunku do poprzednio przyjętych oznaczeń Q_p odpowiada $3600\ Q'_p = 3600 \cdot Q_p \cdot \frac{\delta}{\gamma}$.

W czasie obecnym w Polskim Przemyśle Węglowym stosowane są 2 średnice rur podsadzkowych, a mianowicie $D = 150$ mm i $D = 185$ mm, dlatego też w dalszym ciągu podane są wzory i wykresy odnoszące się do tych dwu wymiarów rur.

Rurociąg o średnicy $D = 150$ mm

1. W przypadku, gdy $\frac{A_s}{J_s} > 0{,}78$ największa wydajność rurociągu w m³/godz wynosi

$$Q_p = 450 \frac{\sqrt{J_s}}{\frac{A_s}{J_s} + 1}. \qquad [17]$$

   Wzór ten odnosi się do mieszaniny o stosunku obliczonym według wzoru [16].

2. W przypadku gdy $\frac{A_s}{J_s} < 0{,}78$ i gdy przyjęty został stosunek mieszaniny 1 : 1,

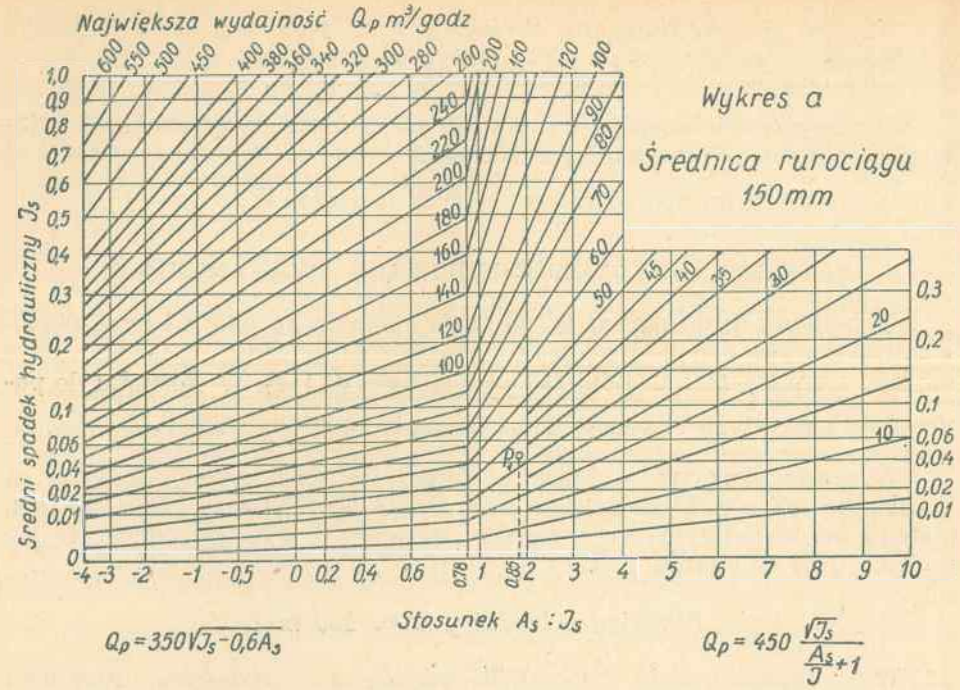
$$Q_p = 350 \sqrt{J_s - 0{,}6\ A_s}. \qquad [18]$$

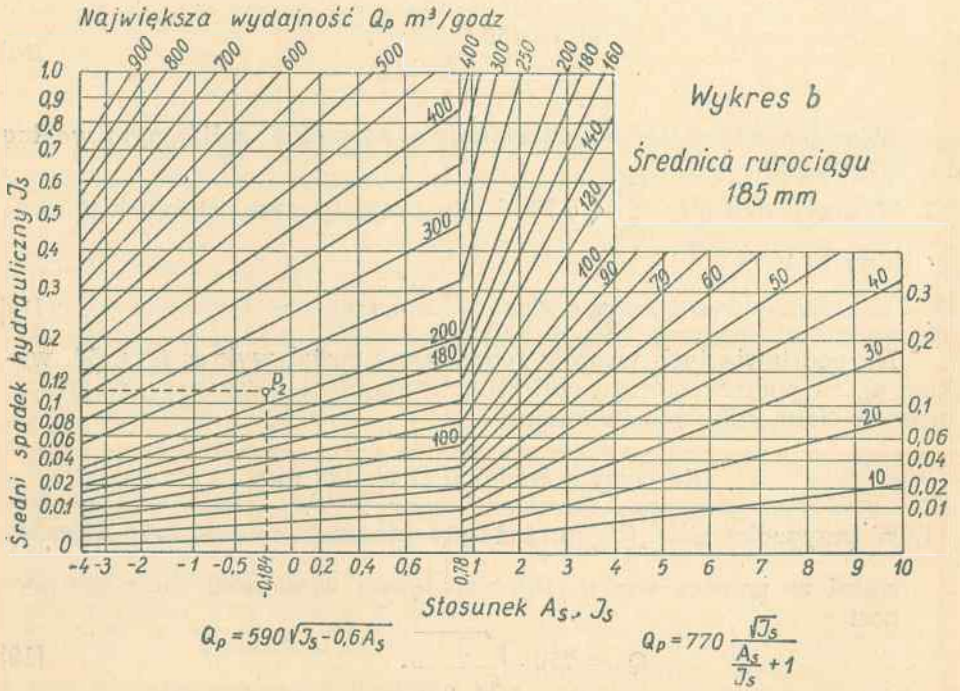
Na podstawie tych wzorów sporządzony został wykres (rys. 50, wykres *a*), za pomocą którego obliczenie wydajności może być przeprowadzone w ciągu kilku zaledwie minut.

Rurociąg o średnicy $D = 185$ mm

1. W przypadku gdy $\frac{A_s}{J_s} > 0{,}78$ i gdy stosunek mieszaniny obliczony został za pomocą wzoru [16], największa wydajność rurociągu wynosi

$$Q_p = 770 \cdot \frac{\sqrt{J}}{\frac{A_s}{J_s} + 1}. \qquad [19]$$





Rys. 50. Wykresy do obliczania największej wydajności rurociągu

2. Przy $\frac{A_s}{J_s} < 0{,}78$ i stosunku mieszaniny 1 : 1 mamy

$$Q_7 = 590 \sqrt{J_s - 0{,}6\, A_s}. \qquad [20]$$

Na podstawie tych wzorów sporządzony został drugi wykres (rys. 50, wykres *b*).

Rurociąg o innej średnicy

Jeżeli kopalnia posiada rurociąg o innej średnicy D, obliczenia można przeprowadzić na podstawie jednego z powyższych wykresów (rys. 50), mając na uwadze, że wydajności rurociągów są proporcjonalne do ich średnic w potędze $\frac{5}{2}$

$$Q_1 : Q_2 = D_1^{\frac{5}{2}} : D_2^{\frac{5}{2}}$$

Jeżeli więc na podstawie wykresu dla $D = 150$ obliczona została wydajność Q_{150}, to dla rurociągu o innej średnicy D mm wydajność wyniesie

$$Q_p = Q_{150} \cdot \left(\frac{D}{150}\right)^{\frac{5}{2}}.$$

PRZYKŁADY

Przykład 1

Obliczyć najkorzystniejszy stosunek mieszaniny i największą wydajność rurociągu podsadzkowego o średnicy 150 mm, którego profil podłużny przedstawiony został na rys. 51.

a. Średni spadek hydrauliczny [14]

$$J_s = \frac{90 - 10}{1810} = 0{,}0442.$$

b. Średni współczynnik oporu [15 b]

$$A_s = 1{,}3 \cdot \frac{0{,}12 \cdot 1700 - 90}{1810} = 0{,}0819.$$

c. Stosunek tych wielkości

$$\frac{A_s}{J_s} = \frac{0{,}0819}{0{,}0442} = 1{,}85.$$

d. Ponieważ stosunek ten jest większy od 0,78, przeto najkorzystniejszy stosunek mieszaniny 1 : W należy obliczyć ze wzoru [16]

$$W = 0{,}9 \cdot 1{,}85 + 0{,}3 = 1{,}965.$$

Po zaokrągleniu otrzymamy

$$1 : W = 1 : 2.$$

e. Największa wydajność rurociągu o średnicy 185 mm [21]

$$Q_p = 590 \cdot \sqrt{0{,}12 + 0{,}6 \cdot 0{,}0221} = 215 \text{ m}^3/\text{godz.}$$

Taki sam wynik otrzymamy również z wykresu b rys. 50 (pkt P_2).

2. Instalacja dwustopniowa ($H' = 133$, $L' = 1240$, $\Sigma l' = 1373$.

a. Średni spadek hydrauliczny [14]

$$J_s = \frac{133 - 10}{1373} = 0{,}0896.$$

b. Średni współczynnik oporu [15 b]

$$A_s = 1{,}3 \cdot \frac{0{,}12 \cdot 1240 - 133}{1373} = 0{,}015.$$

c. Stosunek tych wielkości

$$\frac{A_s}{J_s} = \frac{0{,}015}{0{,}0896} = 0{,}167.$$

d. Ponieważ stosunek ten jest mniejszy od 0,78, przeto najodpowiedniejszym stosunkiem mieszaniny będzie stosunek 1 : 1.

e. Największa wydajność rurociągu o średnicy 185 mm [20],

$$Q_p = 590 \cdot \sqrt{0{,}0896 - 0{,}6 \cdot 0{,}015} = 167 \text{ m}^3/\text{godz.}$$

Taki sam wynik otrzymamy również z wykresu b (rys. 50).

WNIOSKI

1. Dla obliczenia najkorzystniejszego stosunku mieszaniny oraz największej wydajności rurociągu musimy znać:
   a. różnicę poziomów wlotu i wylotu rurociągu H,
   b. długość jego rzutu poziomego L,
   c. rzeczywistą długość rurociągu Σl.
2. Na podstawie tych wielkości oblicza się:
   a. średni spadek hydrauliczny J_s, wzór [14]
   b. średni współczynnik oporu A_s, wzór [15 b],
   c. stosunek tych wielkości $\frac{A_s}{J_s}$
3. Na podstawie stosunku $\frac{A_s}{J_s}$ oraz spadku hydraulicznego J_s oblicza się w ciągu kilku minut za pomocą wykresów:
   a. najkorzystniejszy stosunek mieszaniny (rys. 49),
   b. największą wydajność rurociągu (rys. 50).

2. NOMOGRAM KWAŚNIEWICZA

Prawie równocześnie z opublikowaniem uproszczonej metody prof. Budryka opublikował również inż. Kwaśniewicz „Praktyczny sposób określania wydajności rurociągów podsadzkowych" (Przegląd Górniczy 1948). Opierając się na obliczeniach przy pomocy wzorów prof. Budryka szeregu przykładów wziętych z praktyki, inż. Kwaśniewicz skonstruował no-

mogram (rys. 53). Nomogram ten na podstawie tylko dwu wielkości, a mianowicie rzeczywistej długości rurociągu Σl oraz różnicy poziomów Σh wlotu i wylotu pozwala określić

I_s — średni rozporządzalny spadek hydrauliczny, a poza tym w przybliżeniu:

A_s — średni współczynnik oporu materiału podsadzkowego,

e_n — najkorzystniejszy stosunek rzeczywistej objętości materiału podsadzkowego (kwarcu) i wody,

Q — wydajność urządzenia podsadzkowego w m^3/godz, tzn. objętość piasku (razem z wolnymi przestrzeniami).

Przy układaniu swego nomogramu inż. Kwaśniewicz przyjął $\mu = 0{,}2$ oraz $\vartheta = 1$ (w uproszczonym sposobie prof. Budryka $\mu = 0{,}12$ $\vartheta = 1{,}3 - 1{,}4$), a wskutek tego wydajności obliczone przy pomocy tego nomogramu są niższe, aniżeli wypada to z uproszczonego sposobu prof. Budryka. Dla obliczenia stosunku piasku do wody $1 : W$ należy na podstawie określonego e_n obliczyć

$$W = \frac{\gamma}{e_n \cdot \vartheta} = \text{okrągło } \frac{0{,}6}{e_n}.$$

3. PRAKTYCZNY SPOSÓB OKREŚLENIA WYDAJNOŚCI RUROCIĄGÓW PODSADZKOWYCH

Przystępując do zaprowadzenia podsadzki płynnej na jakiejś kopalni, bierze się najwyższy i najdalszy punkt pokładu, który ma być wybierany na podsadzkę płynną. Obrawszy na zbiornik podsadzkowy miejsce najdogodniejsze do rozprowadzenia podsadzki na całej kopalni, najczęściej koło istniejącego szybu wentylacyjnego, przyjmuje się wysokość terenu zmniejszoną o 10 m = głębokości zbiornika, jako wysokość leja. Następnie projektuje się rozprowadzenie rurociągu ze zbiornika przez istniejące poziomy górne do najdalszego i najwyższego punktu podsadzkowego (wszystkie inne punkty będą w warunkach korzystniejszych pod względem podsadzania). Otrzymuje się stąd wymagane wielkości — różnicę wylotów $H = \Sigma h$, długość rurociągu Σl oraz ewentualnie długość rurociągu w rzucie poziomym L.

Następnie z wykresów prof. Budryka lub inż. Kwaśniewicza odczytuje się wydajność podsadzania w m^3/godz dla rurociągu danej średnicy; mnożąc ją przez 10 godzin (praktyczna ilość godzin podsadzania w ciągu 2 zmian), otrzymuje się dzienną podsadzoną pustkę, a dzieląc przez 0,8 otrzyma się dzienne wydobycie na podsadzkę płynną. Do podsadzania bowiem 1 tony węgla potrzeba praktycznie 0,8 m^3 piasku.

Gdyby stosunek zapasów węgla na kopalni do wybierania na zawał i do wybierania z podsadzką płynną wykazywał, że należy więcej wydobywać na podsadzkę, to wtedy trzeba by przyjąć większą średnicę rurociągów lub prowadzić podsadzanie równocześnie przez 2 rurociągi.

W tym przypadku należy brać pod uwagę, jakie zapasy węgla będą do wybierania na tym najwyższym i najdalszym odcinku pokładów i czy opłaca się takie zwiększenie inwestycji.

Kontrola ruchu podsadzkowego na kopalni winna również zwrócić uwagę na ilość wody opuszczanej i sprawdzić funkcjonowanie urządzeń, gdyż z wykresów można otrzymać też niejako normę wydajności podsadzania i zużycia wody.

VII. RUROCIĄGI PODSADZKOWE

1. CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA ZUŻYCIE RUR PODSADZKOWYCH

Decydującym czynnikiem przy wyborze typu rur jest przewidywane zużycie. Na zużycie rur wpływa szereg czynników, jak: rodzaj materiału podsadzkowego, prędkość mieszaniny podsadzkowej, stosunek mieszaniny podsadzkowej, nachylenie rurociągu, sposób zabudowania rur, składniki chemiczne w wodzie, wreszcie jakość użytego materiału na rury.

Ścianki rur ścierają się zależnie od wielkości, kształtu i twardości ziarn materiału podsadzkowego.

Materiały przydatne do podsadzki płynnej można ustawić w następującej kolejności, według ich działania ścierającego (od najmniejszego do największego zużycia rur): glina, piasek gliniasty, piasek czysty, popiół kotłowy, skały z robót kamiennych, odpady z hałdy, odpady z hut cynkowych i żużle wielkopiecowe.

Na ogół materiał drobnoziarnisty niszczy mniej rury niż gruboziarnisty. Stosując zatem odpowiednie rozdrobienie można zmniejszyć zużycie rur, np. żużel wielkopiecowy należy rozdrabiać poniżej 30 mm.

Stosując pewne mieszaniny materiałów, można wpływać na zużycie rur; np. przez dodanie niewielkiej ilości materiału gliniastego zmniejsza się zużycie rur, przez dodanie natomiast żwiru względnie kamienia łamanego zwiększa się ono znacznie.

Na początku rurociągu jest zwykle zużycie rur większe niż w dalszych odcinkach, gdyż ostre ziarna materiału uległy na drodze pewnemu starciu.

Zwiększenie prędkości mieszaniny przyczynia się do większego zużycia rur na skrętach, natomiast na odcinkach prostych zużycie rur w stosunku do ilości podsadzonego piasku maleje, gdyż przy większej prędkości wyraźniej występuje zjawisko unoszenia materiału do środka przewodu.

Stosunek mieszaniny podsadzkowej wpływa również na stopień ścierania rur. Im mieszanina jest rzadsza, tym zużycie rur jest mniejsze.

Jeśli chodzi o wpływ nachylenia rurociągu na zużycie rur, rozróżniać należy: rurociągi pochyłe (z upadem), pionowe i poziome.

Najmniejsze stosunkowo zużycie jest w rurociągach poziomych. W miarę zwiększania się kąta upadu zwiększa się bardzo szybko zużycie rur, np. przy 15^0 upadu zużycie rur wzrasta już dwukrotnie w stosunku do rurociągu ułożonego poziomo.

Co do stopnia zużywania się rurociągów pionowych nie można wypowiedzieć ostatecznego słowa. Praktyczne dane z różnych kopalń są rozbieżne. Na ogół można szacować zużycie rur pionowych jak w rurociągach o nachyleniu 15^0 — 40^0. Wielką rolę odgrywa tu dokładne spiono-

wanie rurociągu i ściśle centryczne zabudowanie poszczególnych rur. Stąd często w praktyce wyciąga się mylne wnioski co do faktycznego zużycia rur w odcinkach pionowych, gdyż ułożenie rurociągu choćby ze stosunkowo niewielkim wychyleniem z pionu, powoduje już zużycie rur większe niż w rurociągach o wielkim upadzie (rura po prostu zostaje z jednej strony przecięta jak piłą). Poza tym trzeba pamiętać, że zużycie rur pionowych w górnej części rurociągu szybowego, szczególnie w strefie tworzenia się worków powietrznych, będzie większe niż w dolnej części, gdzie rurociąg pracuje normalnie przekrojem pełnym.

Sposób układania rur wpływa bardzo na wielkość ich zużycia. W każdym odcinku rurociągu rury powinny być łączone ściśle centrycznie i bez załamów w jakąkolwiek stronę, najlepiej z utrzymaniem jednolitego nachylenia.

Na pochylniach o zmiennym upadzie wymaganie powyższe trudno niekiedy spełnić, mimo to lepiej jest ułożyć kilka dłuższych odcinków o jednakowym upadzie rurociągu, wykorzystując rozporządzalną wysokość wyrobiska, niż układać go wężowato. Ułożenie rurociągu odcinkami o jednakowym zużyciu jest łatwiejsze do obserwacji pod względem ścierania ścianek rur.

Celem ochrony rurociągu przed nadmiernym zużyciem z powodu niecentrycznego połączenia rur daje się wzmocnienia na końcach w postaci nakładki o grubości 5 — 6 mm i długości 200 — 250 mm. Jakkolwiek taka nakładka zwiększa ciężar rury, opłaca się, gdyż daje dużą oszczędność. Wlot rury zabudowanej niecentrycznie, zwłaszcza przy wszelkich zmianach kierunku osi rurociągu, zostaje po prostu spiłowany według kształtu rury sąsiedniej, rura staje się bezużyteczna, mimo że w dalszej swej części jest niewiele zużyta. Przy lekkim załamaniu się kierunku strumienia mieszaniny, szczególnie w płaszczyźnie poziomej, zużycie wlotu rury (podobnie jak przy kolanie) jest większe i często tylko nakładka (wzmocnienie) przedłuża jej żywot.

Na zużycie rur może wpływać czynnik chemiczny, np. działanie chemiczne wody zawierającej rozpuszczone składniki szkodliwe dla materiału rur, co szczególnie występuje przy podsadzaniu żużlem przy użyciu wody kopalnianej itp.

Również korozja, zarówno wewnętrzna jak i zewnętrzna, ma pewien wpływ na wielkość zużycia.

Z innych czynników wpływających na zużycie rur należy podkreślić rolę ciśnienia w rurociągu podsadzkowym. Ponieważ podsadzanie odbywa się pod pewnym ciśnieniem, które zwłaszcza w chwili zatkania się rurociągu gwałtownie wzrasta, zatem — o ile grubość ścianki rury wskutek ścierania jest o tyle zmniejszona, że nie może wytrzymać odpowiedniego ciśnienia wewnętrznego — następuje rozerwanie rury.

Materiał, z którego wykonana jest rura podsadzkowa, odgrywa bardzo ważną rolę.

Używane w początkowym rozwoju zamułki rury żeliwne nie są już dziś stosowane, ze względu na ich szybkie zużycie się, duży ciężar (grube ścianki) i ze względu na bezpieczeństwo, przy gwałtownym bowiem wzroście ciśnienia rozerwanie takiej rury ma często charakter wybuchu.

Obecnie stosuje się ogólnie rury stalowe, walcowane bez szwu, o wytrzymałości najmniej 55 kg/mm^2. Im twardość danej stali użytej na rury podsadzkowe jest wyższa, tym są one trwalsze w użyciu. Dla-

tego stal manganowa jest odpowiedniejsza do wyrobu rur podsadzkowych.

W praktyce spotyka się rury stalowe o specjalnie utwardzonej wewnętrznej ściance, co uzyskuje się drogą cementacji stali (nawęglania). Rury te odznaczają się wysoką twardością i mogą być przez to lżejsze, bo wystarcza mniejsza grubość ścianki.

Sprawa ostatecznego dobrania materiału na rury podsadzkowe nie jest jeszcze załatwiona i na tym polu istnieć musi ścisła współpraca górnictwa z hutnictwem.

2. TYPY RUR PODSADZKOWYCH

W praktyce stosuje się rury podsadzkowe bardzo różnorodnych typów, które można zgrupować pod względem:

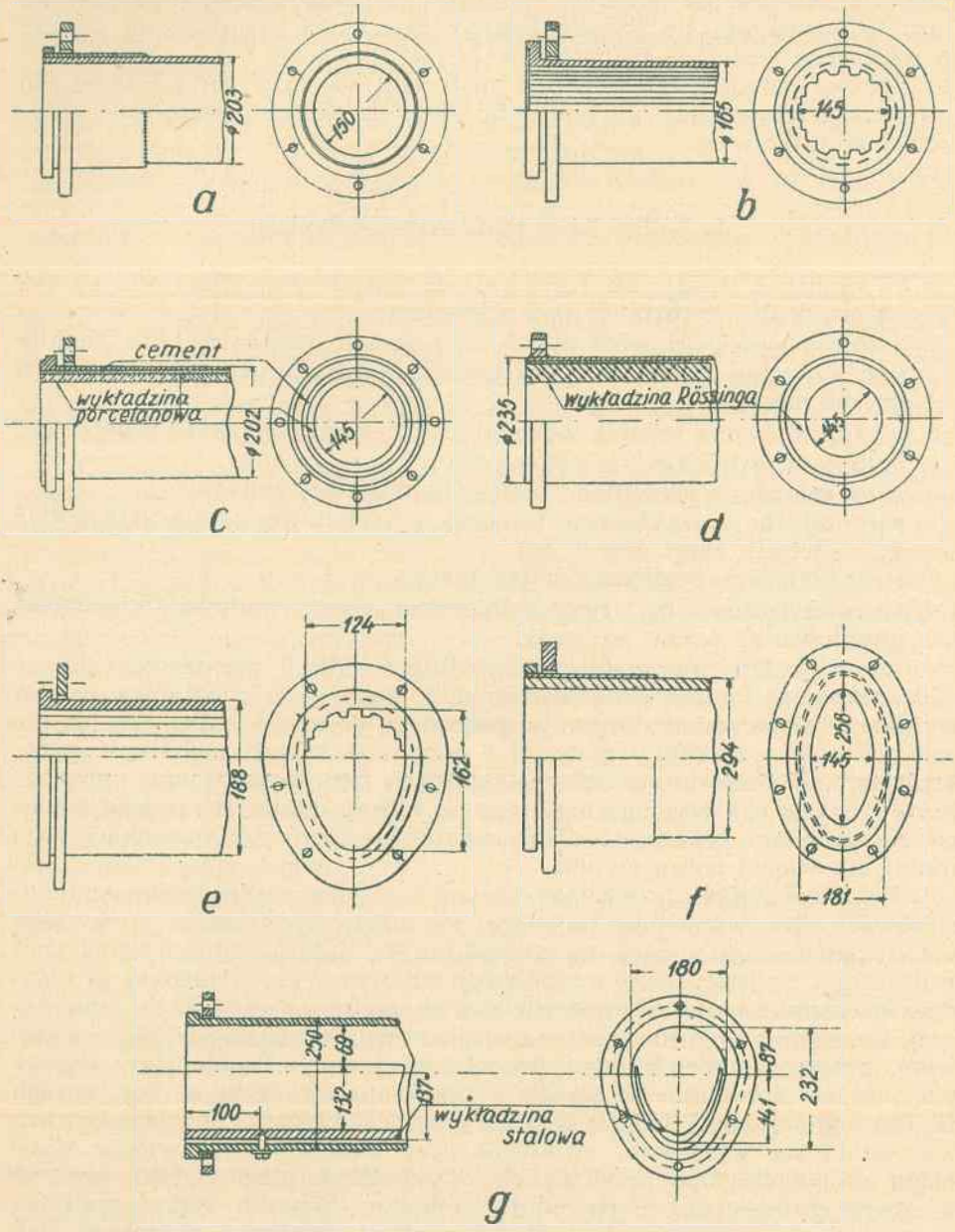
a. kształtu i wielkości przekroju — rury okrągłe o średnicy 125—200 mm i rury owalne o przekroju odpowiadającym rurze okrągłej od 142 mm do 190 mm;
b. wykształtowania ścianek wewnętrznych — rury gładkie i żeberkowe;
c. materiału, z którego są wykonane:
   rury żelazne z jednolitego materiału (stalowe, żeliwne),
   rury żelazne z wykładziną (żelazną, porcelanową, ze specjalnej masy — bazalt, żużel, beton itp),
   rury betonowe względnie żelbetonowe;
d. sposobu łączenia rur: rury kołnierzowe i rury mufowe (z nakładką gwintowaną).

Jeżeli jeszcze uwzględnić różne długości (3—6 m) używanych rur podsadzkowych i różną grubość ścianki, to gama typów jest duża, co jest wynikiem historycznego rozwoju podsadzki płynnej. Próbowano stosować na rury różnorodny materiał i dobierano kształt i wielkość przekroju odpowiednio do zjawisk zachodzących przy podsadzaniu, uwzględniając zużycie rur oraz zależność jego od rodzaju materiału podsadzkowego. Każdy z tych typów spełnił pewną rolę i w pewnych warunkach daje mniej lub więcej dobre wyniki.

Ponieważ zużycie rur żelaznych jest na ogół wysokie, próbowano zastosować albo wymienne najwięcej się zużywające części rury, albo też wykładać wnętrze rury materiałem innym, bardziej odpornym na ścieranie. Stąd powstały rury z wykładzinami (rys. 54 a). Ponieważ w zasadzie ścieranie ścianki rur jest większe w spodniej części niż w grzbietowej, szczególnie w rurociągach na upadzie, wprowadzono wykładziny stalowe, przymocowane śrubami do właściwej rury. Wykładziny stalowe przyjęły się specjalnie w rurach o przekroju owalnym w tzw. rurach B. Rury te sprawiały jednak w praktyce wiele kłopotu. W miarę bowiem zużywania się wykładzin, zwłaszcza przy zmiennym nachyleniu rurociągu w poszczególnych odcinkach, wykładzina ulega łatwo zagięciu a nawet podniesieniu i powoduje zatkanie. Ponadto ciężar tych rur w porównaniu z rurami bezwykładzinowymi (zarówno okrągłymi jak i owalnymi) jest znacznie większy. Skutkiem tego zarzucono praktycznie używanie tych rur.

Znane są też wykładziny porcelanowe. Są to krótkie kawałki rury porcelanowej (250—300 mm) o grubości 15 mm ścianki, które osadza się

na betonie w rurze żelaznej o cieńszych ściankach (5 mm). Dzięki wysokiej twardości porcelany i mniejszej jej ścieralności (według badań prof. Zalewskiego w porównaniu do stali 2,5 do 3 razy mniej, Przegląd



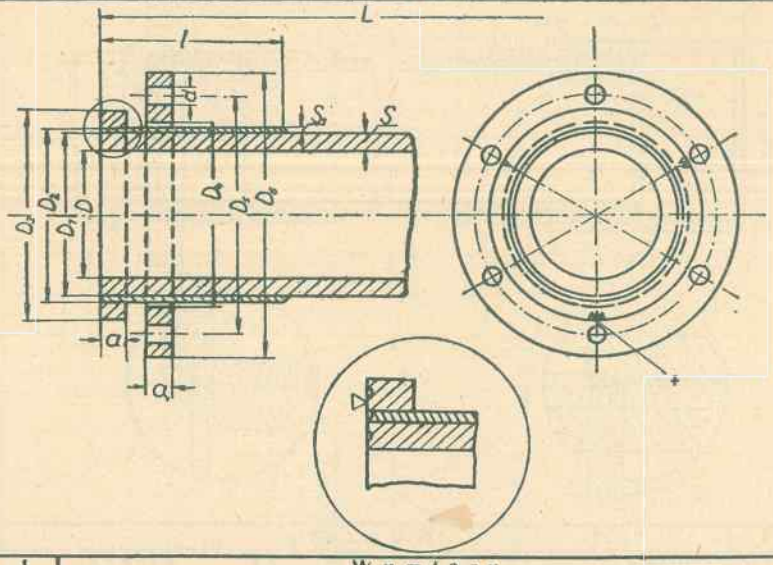
Rys. 54 a. Typy rur podsadzkowych

a — rura okrągła gładka, b — rura okrągła typu L, c — rura z wykładziną porcelanową, d — rura z wykładziną typu Rössinga, e — rura owalna typu D, f — rura owalna typu DD, g — rura owalna typu B.

Polskie Normy

RURA PODSADZKOWA
Kołnierzowa

PN
G–7401
Projekt



1. Wymiary

Rura						Mankiet			Nasadka		Kołnierz				
D	D_1	L			S	D_2	l	S_1	D_3	a	D_4	D_5	D_6	d	a_1
150	171	4000	2000	1000	10,5	183	200	6	228	24	190	260	310	22	26
185	203	4000	2000	1000	9	215	200	6	248	24	222	280	330	22	26

2. Tolerancje

	w %	w mm
Długość L		± 5
Ø wewnętrzna D	± 1	
Grubość ścianki S	+15	
Odchyl. od osi podłużnej:		
dla D = 150 mm	2	
dla D = 185 mm	1,5	

3. Materiały

Przedmiot	Materiał	Rr.kg/mm²
Rura	Stal	55 – 65
Mankiet	Stal	35 – 65
Nasadka	Stal	35 – 65
Kołnierz	Stal	35 – 65

4. Sposób wykonania

Rura walcowana bez szwu.
Mankiet i nasadka cięte z rur bez szwu względnie spawane.
Osadzanie mankietu na rurze przez zgrzewanie pod ciśnieniem i spawane z tyłu.
Osadzenie nasadki przez zgrzewanie pod ciśnieniem.
Kołnierz tłoczony lub spawany o równej wytrzymałości.
Rura na zewnątrz asfaltowana.
Ciśnienie próbne wodne 100 atm.
+ Znakowanie rur na obu nasadkach grzbietami I, II, III, w rozstępie 120° w zgodnym kierunku patrząc z jednego końca 1 w linii prostej równoległej do osi podłużnej rury.

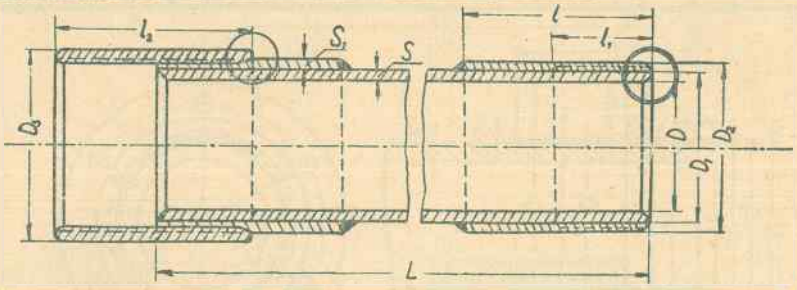
Uwaga: Rury o długości 2 000 mm i 1 000 mm mogą być używane tylko jako łączniki.

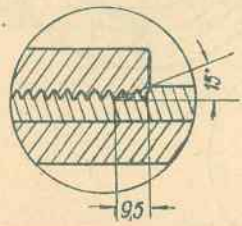
Sierpień 1947.

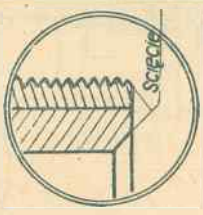
Rys. 54 b

RURA PODSADZKOWA
Gwintowana

PN G-7402 Projekt







1.	Wymiary								
Rura				Mankiet				Złączka	
D	D_1	L	S	D_2	l	l_1	S_1	D_3	l_2
150	171	6000	10,5	187	200	105	8	207	210
185	203	6000	9	219	200	115	8	236	230

2	Tolerancja		3.	Materiał	
	w %	w mm	Przedmiot	Materiał	Rr kg/mm²
Długość L		± 5	Rura	Stal	55–65
Φ wewnętrzna D	± 1		Mankiet	Stal	35–65
Grubość ścianki S	+ 15		Złączka	Stal	35 65
Odchyl. od osi podłużnej:					
dla D 150 mm	2				
dla D 185 mm	1,5				

4. Sposób wykonania

Rura walcowana bez szwu.
Mankiet cięty z rury bez szwu, na zewnątrz gwint Whitwortha prawy cylindryczny, 8 zwoi na 1"
Osadzenie mankietu na rurze przez zgrzewanie pod ciśnieniem, spawane z tyłu.
Złączka z rury bez szwu wewnątrz gwintowana.
Ciśnienie próbne wodne 100 atm.
Rura na zewnątrz asfaltowana.
Ochrona gwintu: opakowanie drewniane.

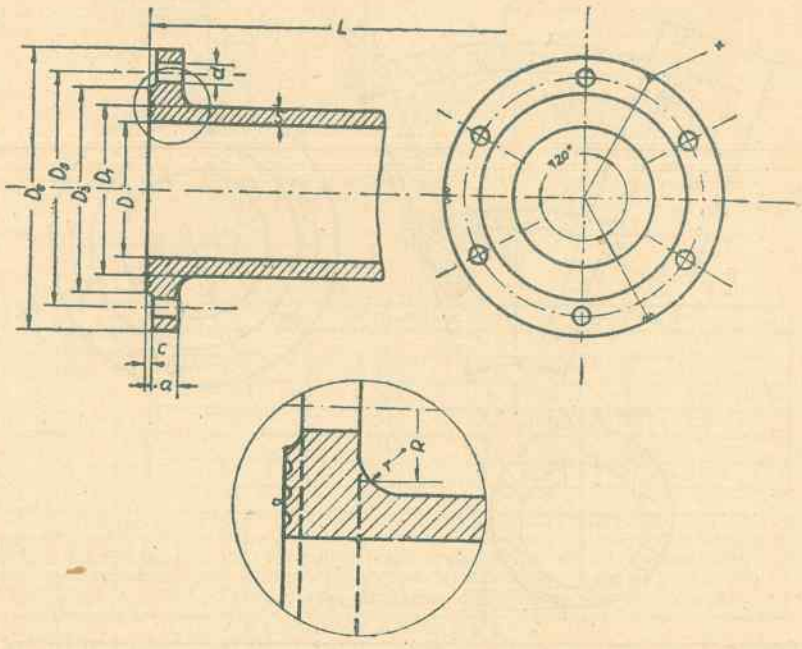
Sierpień 1947.

Rys. 54 c

RURA PODSADZKOWA

Łącznik

PN G-7403 Projekt



1.	Wymiary											
D	L		D_1	S	D_6	D_5	a	c	r	D_3	d	R
150	250	500	186	18	310	228	26	5	15	260	22	25
185	250	500	221	18	330	248	26	5	15	280	22	25

2.	Tolerancja w %	3.	Materiał
długość L	± 2	Odlew ze stali węglowej o wytrzym. na rozerwanie 60 kg/mm² o zawartości 0,4 % C i 0,8 % Mn lub stal pancerna o wytrzym. 70–80 kg/mm²	
Φ wewnętrzna D	± 3		
grubość ścianki S	±15		

4. Sposób wykonania

Obok otworów na śruby równa powierzchnia o R=25 mm dla główki lub nakrętki śruby i klucza.

\+ Znakowanie łącznika na obwodzie obu kołnierzy przez rowki I, II, III o głęb. minim. 2 mm na cała grubość kołnierzy co 120° w zgodnym kierunku patrząc z jednego końca i w linii prostej równoległej do osi podłużnej łącznika.

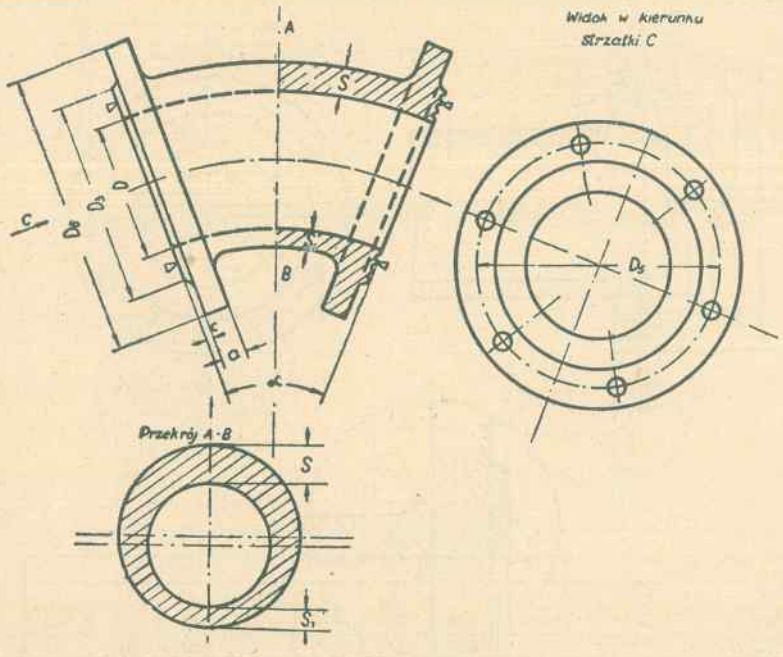
Miejsce na cechowanie na odlewie Nr normy, średnicy, znaku wytwórni, znaku kontroli winno znajdować się w odległości 150 mm od kołnierza w postaci zgrubienia o wysokości 5 mm i średnicy 30 mm.

Sierpień 1947.

Rys. 54 d

RURA PODSADZKOWA
Kolano

PN
G—7404
Projekt



1.	Wymiary										
D	α	Rk	D_3	D_5	D_6	d	S	S_1	a	c	r
150	10°	1500	228	260	310	22	28	18	26	5	15
	15°	1500	228	260	310	22	28	18	26	5	15
	30°	1500	228	260	310	22	28	18	26	5	15
	90°	500	228	260	310	22	25	15	26	5	15
185	10°	1500	248	280	330	22	28	18	26	5	15
	15°	1500	248	280	330	22	28	18	26	5	15
	30°	1500	248	280	330	22	28	18	26	5	15
	90	500	248	280	330	22	25	15	26	5	15

2. Tolerancja w %		3. Materiał
Ø wewnętrzna D	± 3	Odlew ze stali węglowej o wytrzym. na rozer. 60 kg/mm² o zawartości 0,4% C i 0,8% Mn lub stal pancerna o wytrzym. 70—80 kg/mm².
Grubość ścianki S	±15	

4. Sposób wykonania

Obok otworów na śruby równa powierzchnia o R=25 mm dla główki lub nakrętki śruby i klucza
Miejsce na wycechowanie na odlewie Nr normy, średnicy, znaku wytwórni, znaku kontroli winno znajdować się w odległości 150 mm od kołnierza w postaci zgrubienia o wysokości 5 mm i średnicy 30 mm.

Sierpień 1947.

Rys. 54 e.

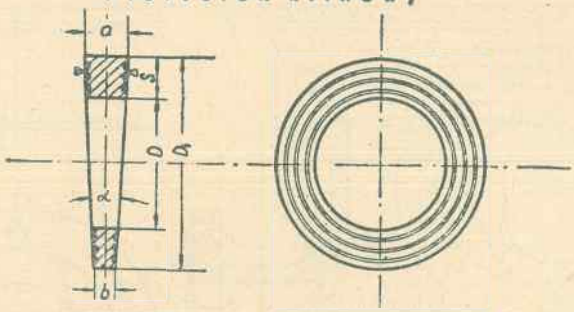
Polskie Normy

RURA PODSADZKOWA

Pierścienie

PN
G–7405
Projekt

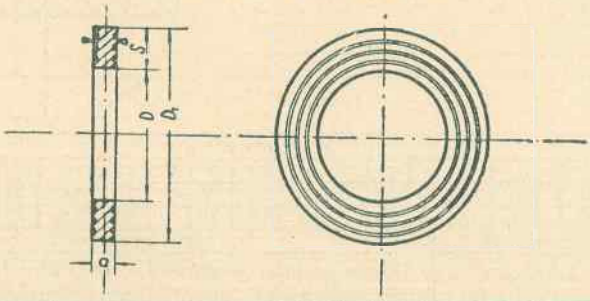
Pierścień klinowy



1.	Wymiary			
D	α	D_1	a	b
150	2°	228	16	8
	5°	228	28	8
	8°	228	40	8
185	2°	248	17	8
	5°	248	30	8
	8°	248	43	8

2. Tolerancja w %		3. Materiał
dla Φ wewn. D	± 3	Odlew ze stali węglowej o wytrzym. na rozerwanie 60 kg/mm² o zawartości 0,4% C i 0,8% Mn lub stal pancerna o wytrzym. 70—80 kg/mm²
dla grub. ścianki S	±15	

Pierścień zwykły



1. Wymiary				2. Tolerancja w %	
D	D_1	S	a		
150	228	39	15	Φ wewnętrzna D	± 3
185	248	315	15	grubość ścianki S	± 15
				grubość pierścienia a	± 15

3. Materiał: Odlew ze stali węglowej o wytrzymałości na rozerwanie 60 kg/mm² o zawartości 0,4% C i 0,8% Mn lub stal pancerna o wytrzymałości 70—80 kg/mm².

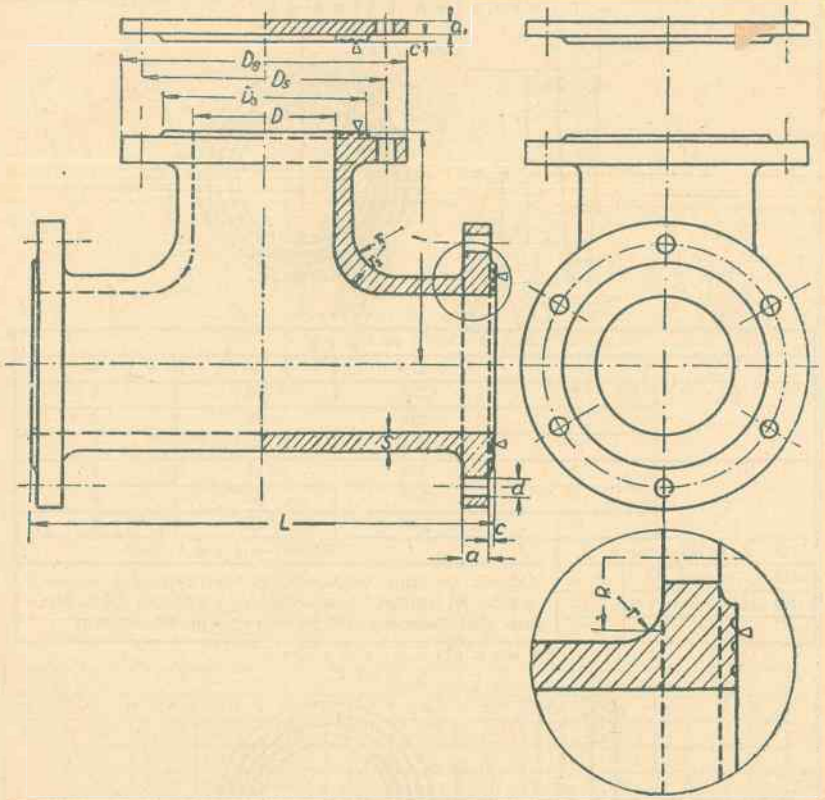
Sierpień 1947.

Rys. 54 f

RURA PODSADZKOWA

Trójnik Kontrolny

PN
G–7406
Projekt



1.	Wymiary													
D	L	l	s	r_1	r_2	D_6	D_g	a	c	r	D_5	d	R	a_1
150	500	250	18	75	55	310	228	26	5	15	260	22	25	15
185	500	250	18	75	55	330	248	26	5	15	280	22	25	15

2. Tolerancja w %	
długość L i l	± 2
Φ wewnętrzna D	± 3
Grubość ścianki S	±15

3. Materiał

Odlew ze stali węglowej o wytrzym. na rozerwanie 60 kg/mm² o zawartości 0,4% C i 0,8% Mn lub stal pancerna o wytrzym. 70—80 kg/mm².

4. Sposób wykonania

Obok otworów na śruby równa powierzchnia o R=25 mm dla główki lub nakrętki śruby i klucza.

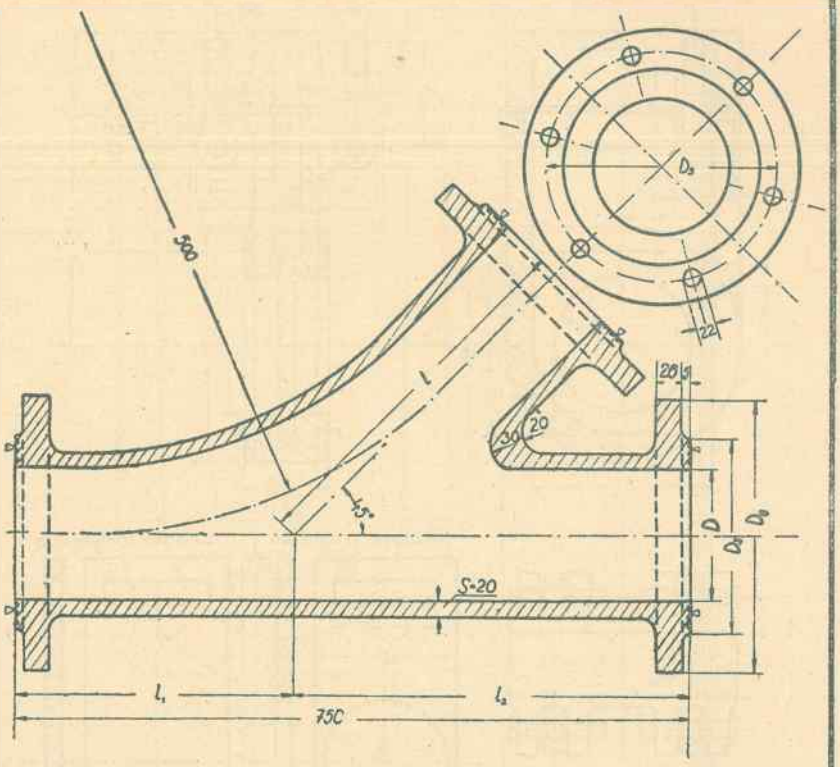
Miejsce na wycechowanie na odlewie Nr normy, znaku wytwórni, i znaku kontroli winno znajdować się w odległości 150 mm od kołnierza w postaci zgrubienia o wysokości 5 mm i średnicy 30 mm

Sierpień 1947.

Rys. 54 g

RURA PODSADZKOWA
Trójnik rozgałęziający

PN
G–7407
Projekt



1.	Wymiary						
D	l	l_1	l_2	D_5	D_5	D_6	Uwaga: Wymiary wspólne dla rur o D=150 mm i D=185 mm są oznaczone na rysunku.
150	406	310	440	228	260	310	
185	446	270	480	248	280	330	

2.	Tolerancja w %	3	Materiał
długość L=750 mm	± 2		Odlew ze stali węglowej o wytrzym. na rozerwanie 60 kg/mm² o zawartości 0,4% C i 0,8% Mn lub stal pancerna o wytrzym. 70—80 kg/mm².
Φ wewnętrzna D	± 3		
Grubość ścianki S	±15		

4. Sposób wykonania

Obok otworów na śruby równa powierzchnia o R=25 mm dla główki lub nakrętki śruby i klucza.
Miejsce na wycechowanie na odlewie Nr normy, średnicy, znaku wytwórni, znaku kontroli winno znajdować się w odległości 150 mm od kołnierza w postaci zgrubienia o wysokości 5 mm i średnicy 30 mm.

Sierpień 1947.

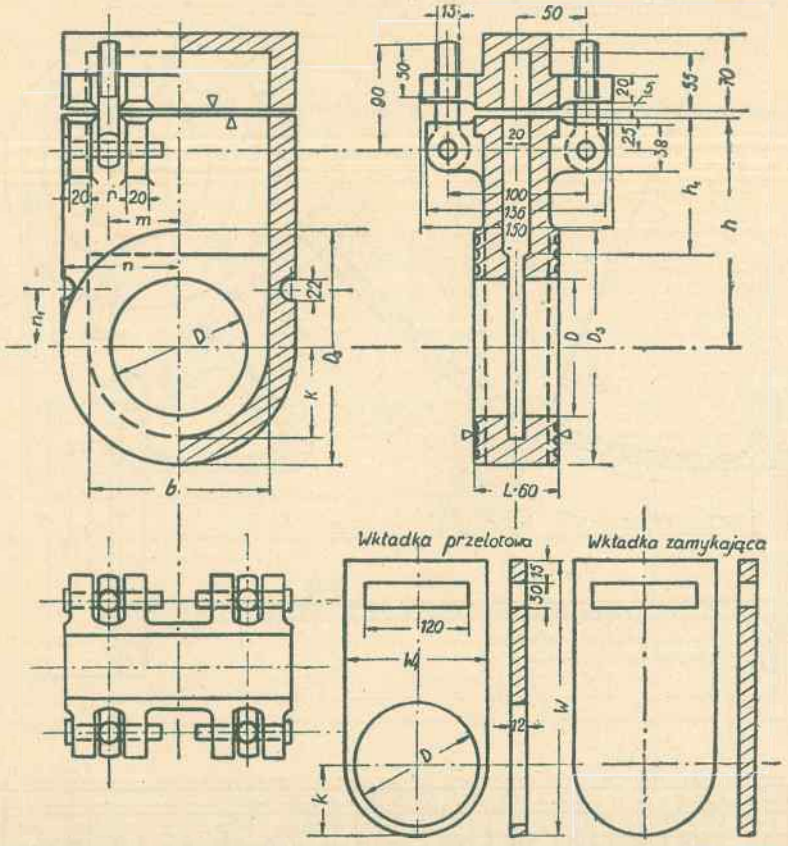
Rys. 54 h

Polskie Normy

RURA PODSADZKOWA

Zasuwa

PN
G–7408
Projekt



1.	Wymiary									
D	D_1	b	h	h_1	k	m	n	n_1	W	W_1
150	228	184	200	105	95	75	112,5	65	340	179
185	248	209	210	95	112	85	121	70	366	204

Uwaga: Wymiary wspólne dla rur o D=150 mm i D=185 mm są oznaczone na rysunku.

2. Tolerancja w %		3. Materiał
Długość L=60	± 2	Zasuwa i wkładki: Odlew ze stali węglowej o wytrzym. na rozerwanie 60 kg/mm² o zawartości 0,4 %C i 0,8 %Mn lub stal pancerna o wytrzym. 70–80 kg/mm². Śruby i zawłoczki stosowane w praktyce.
⌀ wewnętrzna D	± 3	
Grubość ścianek	±15	

4 Sposób wykonania

Miejsce na wycechowanie, na odlewie Nr normy, średnicy, znaku wytwórni, znaku kontroli, winno znajdować się na korpusie w odległości 20 mm od górnej krawędzi.

Uwagi: Zasuwę umieszcza się między kołnierzami dwóch rur
Wkładkę wstawia się w korpus zasuwy.

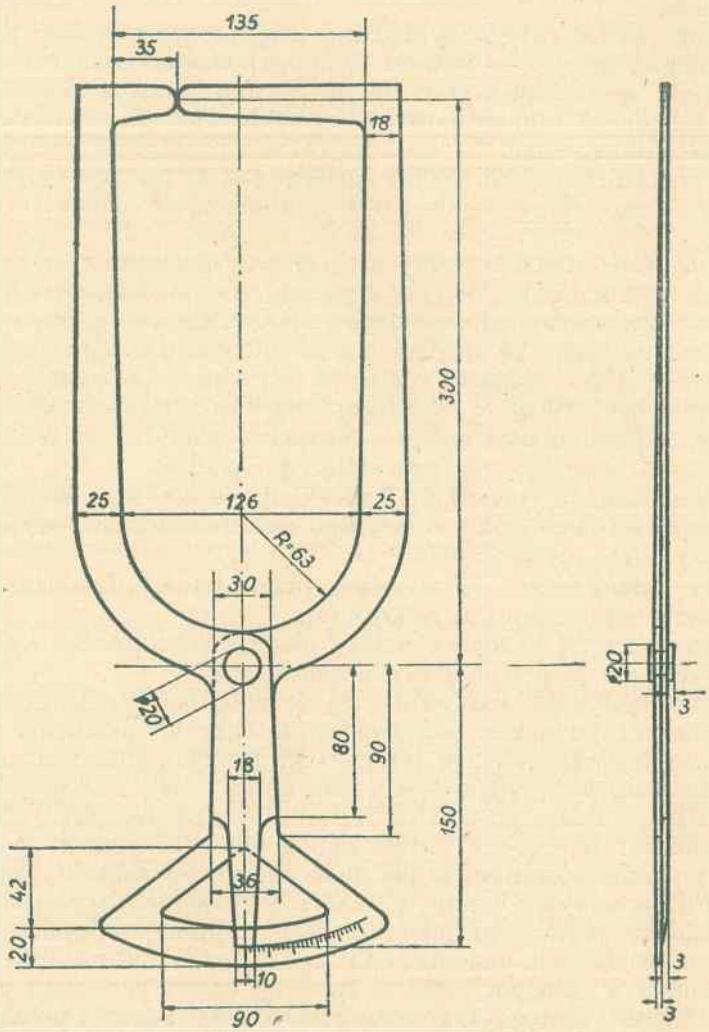
Sierpień 1947.

Rys. 54 i

RURA PODSADZKOWA

Przyrząd do mierzenia grubości ścianki

PN
G–7410
Projekt



Materiał. stal nierdzewna

Sierpień 1947

Rys. 54 j

Górniczo-Hutniczy nr 7, 1935), rzeczywiście można w pewnych przypadkach przez rury porcelanowe przepuścić więcej materiału podsadzkowego. Warunkiem jednak jest, żeby materiał podsadzkowy był drobny (najlepiej drobny piasek), gdyż porcelana jest wrażliwa na uderzenia. Przy materiale zawierającym żwir, większe kamienie tłuką szybko wykładziny porcelanowe, a potem już mieszanina łatwo wyrywa poszczególne kawałki wykładziny, powodując niejednokrotnie zatkania rurociągu. Poza tym rury te są o przeszło 50% cięższe od rur żelaznych tej samej średnicy.

Używane są też rury z wykładziną wnętrza ze specjalnej polewy żużlowej (mannsfeldskiej — system Rössinga) względnie z masy bazaltowej. Grubość wykładzin wynosi około 30 mm; płaszcz zewnętrzny jest z blachy żelaznej 3 mm grubości. Rury takie są ciężkie i dlatego wykonuje się je w długościach 1,5 do 2 m. Dane z praktyki kopalnianej co do tych rur przedstawiają się bardzo zachęcająco. U nas nie są jeszcze wyrabiane. To samo odnosi się do rur z wykładziną betonową ze specjalnej mieszanki.

Wykonywano również próby z rurami żelbetowymi. Są to bloki betonowe 0,5 m długości, w których umieszczony jest ekscentrycznie otwór o średnicy odpowiadającej rurociągowi podsadzkowemu. Rury te trzeba kłaść wprost na spągu ze względu na ich duży ciężar. Znalazły one małe zastosowanie mimo rzekomo dobrych wyników na niektórych kopalniach (Mysłowice). Rury te odznaczają się następującymi wadami:

a. nie znoszą zmienności upadu i wszelkich odchyleń od linii prostej;
b. wymagają pewnego, nie pęczniejącego spodka;
c. w razie zatkania rurociągu, przetykanie jest bardzo kłopotliwe; często naprawa rurociągu naruszonego wskutek zatkania wyłącza go na dłuższy okres czasu z ruchu;
d. koszty zabudowania są wysokie (przynajmniej dwukrotnie wyższe w porównaniu z rurami żelaznymi).

Z historycznych względów należy jeszcze wspomnieć o wykładzinach drewnianych, ale te nie odegrały większej roli.

Charakterystyczne zużywanie się ścianek rur podsadzkowych było między innymi powodem wprowadzenia rury o przekroju owalnym, a właściwie jajowatym (rury typu — B, D, DD). Ponieważ zużycie na większych upadach występuje w części dolnej rury i w sposób wybitny zmniejsza się w miarę posuwania się po obwodzie ku górze, dlatego, aby nie obracać rur okrągłych, zwiększono grubość ścianki w spodniej części rury w takim stosunku, w jakim następuje jej zużycie. Ponadto wiadomo, że do przepływu cieczy w kanałach otwartych używa się przekroju w kształcie jajowatym jako dającego najmniejsze opory. Ponieważ na ogół na większych upadach odbywa się ruch mieszaniny niepełnym przekrojem, a w każdym razie w spodniej części rurociągu płyną warstwy gęściejsze, dlatego też zastosowano przy rurach podsadzkowych przekrój kanałowy.

O rurach B z wykładzinami wspomniano już poprzednio. Zamiast wykładzin zastosowano później zgrubienie spodniej części rury w typie rur D. Rura ta składa się z dwu zespawanych części. Część grzbietowa, odpowiadająca połówce rury okrągłej (125 mm względnie 145 mm), jest albo gładka wewnątrz, albo żeberkowana. Część spodnia rury ma kształt trapezowy. Grubość ścianki grzbietowej wynosi 8—10 mm, w części spo-

dniej najgrubszej — 18—20 mm. Przekrój rury odpowiada mniej więcej rurze okrągłej o 145 mm względnie 168 mm średnicy.

Rura typu DD składa się z dwu spodnich części rury D i może być obracana o 180° dla wykorzystania grubości ścianki grzbietowej. W praktyce rury D względnie DD okazały się wygodniejsze raczej na upadach, gdyż odpada ich obracanie, które przy okrągłych rurach musi być wykonane ściśle w odpowiednim czasie. Na jednej z kopalń przed wojną wprowadzono z dobrym rezultatem rury tego typu na odcinkach upadowych.

Na odcinkach poziomych — szczególnie gdy zużycie rur jest większe nie w samym dnie rury, a nieco z boku (osadzanie się materiału) — rura D ma niezupełnie odpowiedni rozkład grubości ścianki.

Poza tym istnieje jeszcze jeden typ rur, nieuwzględniony w obecnej tymczasowej normalizacji. Są to tzw. rury L Piotrowickiej Fabryki Maszyn. Cechą charakterystyczną tych okrągłych rur jest żeberkowe wykształtowanie ścianki wewnętrznej. Rura L składa się z dwu części ze sobą spawanych (takich samych, jakich użyto w części grzbietowej rury D). Żeberka wystają 3—5 mm do wnętrza rury i mają za zadanie oszczędzać właściwą ściankę rury (grubość 8—10 mm) przez wytworzenie z mieszaniny pewnego rodzaju osłony ścianki właściwej przed działaniem środkowej części strumienia mieszaniny. Praktycznie rury te nie wykazały na odcinkach poziomych różnicy w zużyciu w porównaniu z rurami okrągłymi gładkimi. Natomiast próby na odcinkach pionowych wykazały o około 30% mniejsze zużycie rury. Niestety, próby przerwała wojna.

Tymczasowa normalizacja wprowadziła w r. 1947 zmniejszenie typów rur. Załączone tablice norm (rys. 54 b — j) pokazują rury, kolana i osprzęt stosowane obecnie w przemyśle węglowym.

3. KOLANA RUR PODSADZKOWYCH

Osobno należy omówić zużycie rurociągów podsadzkowych na zgięciach, czyli tzw. kolanach.

Kolana ulegają największemu zużyciu, szczególnie kolana w szybach. Kierowanie strumienia mieszaniny podsadzkowej nie po linii prostej powoduje w miejscach zmiany kierunku wielkie ścieranie ścianki grzbietowej kolana. Kolano wywołuje poza tym duży spadek naporu zużytego na zmianę kierunku przepływu mieszaniny.

Ważne tu są promień krzywizny kolana i prędkość, z jaką mieszanina ma przejść przez kolano. Jeżeli oprzeć się na przepływie cieczy na krzywiznach, to spadek naporu $h_k = \varphi \cdot \frac{\pi \cdot \beta^0}{180} \cdot \frac{v^2}{2_g}$, gdzie β^0 jest kątem krzywizny (odchylenia od pierwotnego kierunku), v — prędkością przepływu, φ — współczynnikiem zależnym od wielkości promienia przekroju przepływu r i promienia krzywizny R; dla wody

$$\varphi = 0{,}124 \cdot 3{,}104 \cdot \frac{r}{R} \cdot$$

Im większy zatem jest promień krzywizny kolana, tym mniejszy staje się spadek naporu. Praktycznie używane promienie krzywizny wa-

hają się w granicach 1—3 i nawet więcej metrów. Tymczasowe normy rurociągów podsadzkowych dopuszczają $R = 1{,}5$ m (rys. 54 e).

Ze względu na wielkie zużycie, jakiemu ulegają kolana, należy na nie używać jak najlepszych materiałów. Pożądane są odlewy ze stali z zawartością manganu bądź chromu, jako składników zwiększających twardość. Ponieważ ścianka grzbietowa kolana jest najbardziej narażona na ścieranie, jest ona grubsza od ścianki wewnętrznej zwykle w stosunku 1 : 1,5—2.

Strumień mieszaniny podsadzkowej po przepłynięciu kolana ściera przyległą rurę po stronie grzbietowej w większym stopniu niż normalnie. Dlatego zaleca się dawać bezpośrednio za kolanem łącznik o grubszych ściankach, 0,25 m lub 0,5 m długości (rys. 54 d), z takiego samego materiału jak kolano. Jest to zabezpieczenie, które wielokrotnie opłaca się w ruchu.

Kolano składa się zwykle z kilku kawałków o mniejszym kącie krzywizny, np. 10^0, 15^0, 30^0. Ułatwia to wymianę poszczególnych części, gdyż np. przy kolanie 90^0 złożonym z trzech kawałków 30^0, cierpi najwięcej część środkowa. Kolana wykonane w jednym kawałku o promieniu krzywizny tak dużym, jakiego wymaga podsadzka, byłyby za ciężkie i nieporęczne do transportu na dole.

Dla uskutecznienia niewielkiego odchylenia pewnego odcinka rurociągu (2^0—8^0) stosuje się pierścienie klinowe (rys. 54 f).

W praktyce stosowano też kolana z wykładzinami ze specjalnej stali lub z innych materiałów, ale wszystkie te sposoby zmierzające do zmniejszenia silnego ścierania ścianki grzbietowej kolan nie przyjęły się na stałe z powodu trudności i kłopotów ich zabudowania i obserwacji oraz ze względu na koszty.

Przy stalowych kolanach zużycie strony grzbietowej następuje na ogół w wąskim pasie. Dlatego też opłaca się dla przedłużenia używalności takiego kolana wycinać zużytą część i wstawiać na to miejsce nowy segment.

Można też stosować segmenty odpowiadające kątowi środkowemu = 90^0 względnie 180^0, o ile zużycie jest w pewnych kolanach daleko posunięte.

Kolana co do stopnia zużywania się (od największego do najmniejszego) można ustawić w następującej kolejności: kolano szybowe, kolana w odcinkach upadowych, wreszcie kolana w odcinkach poziomych.

4. KSZTAŁTOWE RURY PODSADZKOWE I OSPRZĘT

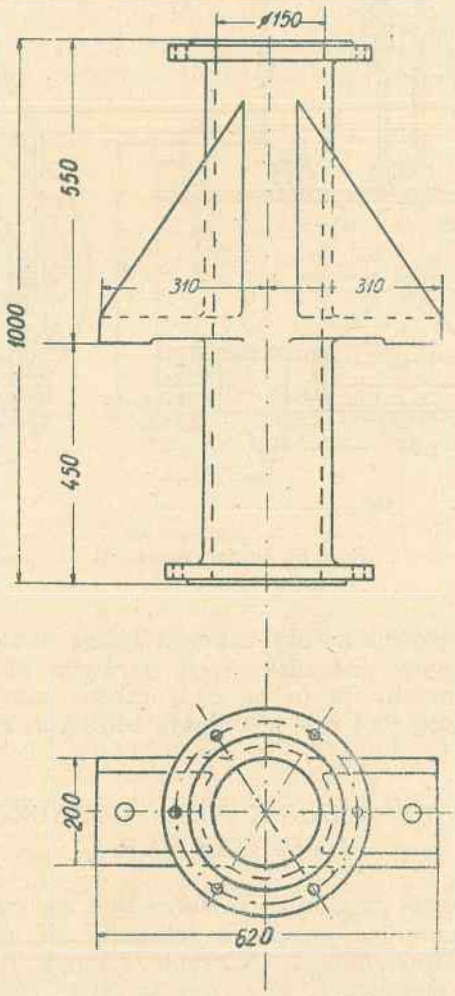
Oprócz omówionych dotychczas rur podsadzkowych potrzebne są specjalne rury, jak trójniki kontrolne (rys. 54 g), odgałęźniki (rys. 54 h), rury skrzydlate, zasuwy (rys. 54 i) i przerywacze.

Prócz *rur skrzydlatych* (rys. 55), służących w szybach do podtrzymania mniejszych odcinków rur na dźwigarach szybowych, oraz przerywaczy, zbędne są w praktyce wszelkie inne rury kształtowe.

Odgałęzienie rurociągu najlepiej wykonywać przez jego rozpięcie i przesunięcie rurociągu do odnogi. Oczywiście miejsce takiego stałego przepinania musi być odpowiednio przygotowane (najlepiej oprzeć w takich miejscach rury na szynach dla łatwego przesuwania). Rurociąg,

który pozostaje otwarty, należy zamknąć zaślepką celem uniknięcia dostania się do rur ciał obcych (kawałki drewna, żelaza, węgla itp.).

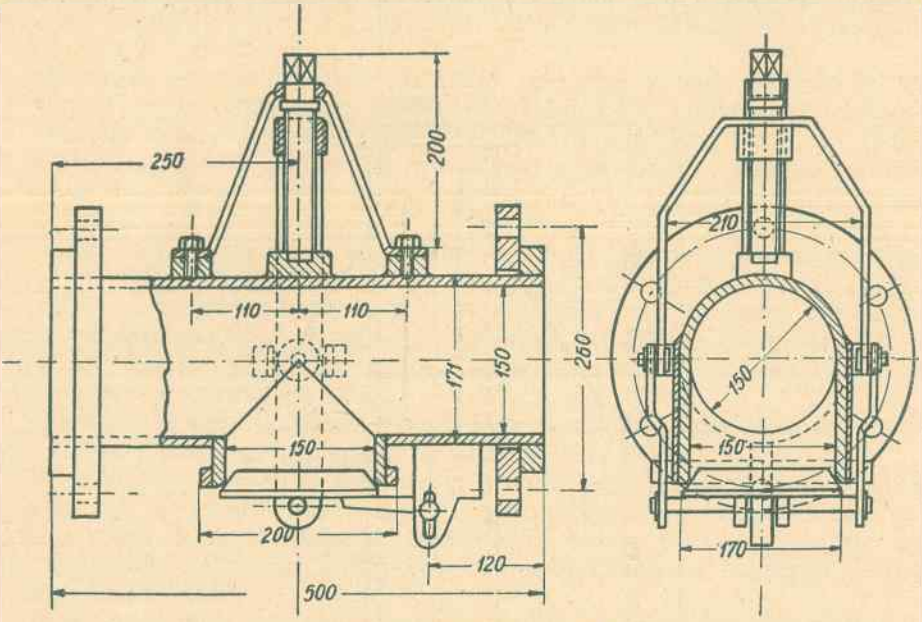
Przerywacz jest to kawałek rury (zwykle 0,5 m długości), zaopatrzony od dołu w otwór o wielkości równej średnicy rury, zamykany klapą, umocowaną zawiasowo. Przerywacz jest używany przeważnie przy podsadzaniu zabierek i pozwala przerwać w odpowiedniej chwili dopływ pod-



Rys. 55. Rura skrzydlata

sadzki do zabierki, pozwala poza tym przepłukać rurociąg bez wtłaczania wody do podsadzanej zabierki. Szczególną rolę odgrywa przerywacz przy podsadzaniu wszelkiego rodzaju korków, gdzie chodzi o szczelność podsadzki i trzeba pod ciśnieniem wtłaczać mieszaninę. Przerywacz po-

winien być łatwy w użyciu, żeby przerwanie strumienia mieszaniny podsadzkowej nastąpiło natychmiast. W praktyce spotyka się dwa typy: albo klapę otwiera się pokręceniem śruby (rys. 56), albo też po prostu klapę podpiera się krótkim słupkiem, który — wybity w razie potrzeby — otwiera klapę natychmiast.



Rys. 56. Przerywacz 150

Do kategorii osprzętu należy zaliczyć różne uchwyty i wieszaki do umocowania rurociągów podsadzkowych, zarówno pionowych jak i pochyłych lub poziomych. Są to na ogół proste urządzenia wyrabiane w kuźniach kopalnianych i nie wymagają bliższych objaśnień.

5. ŚCIERANIE ŚCIANEK RUR PODSADZKOWYCH I ZUŻYCIE RUR

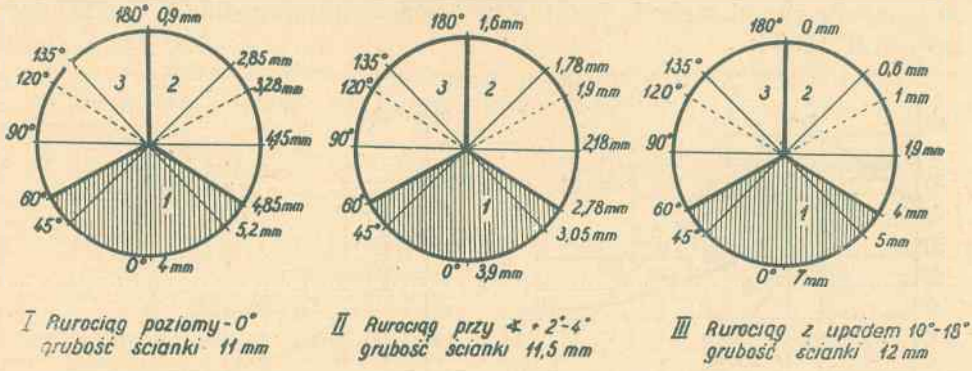
Celem wyczerpania zagadnienia zużywania się rurociągów podsadzkowych należy wspomnieć jeszcze o ścieraniu się ścianek rurociągów. Można przyjąć, że równomierne ścieranie ścianek rurociągu następuje tylko na odcinkach pionowych, gdy rury są ściśle pionowo i centrycznie zbudowane. Poza tym przypadkiem ścieranie ścianki w rurach jest nierównomierne.

Przy rurociągach pracujących w upadzie znacznie ściera się ścianka spodnia, często nawet bez naruszenia ścianki grzbietowej (rys. 57). W rurach poziomych względnie zabudowanych ze wzniosem występuje ścieranie ścianki grzbietowej, ale w mniejszym stopniu niż spodniej. Często jednak obserwuje się w rurociągach poziomych największe starcie ścianki rury nie w najgłębszym miejscu części dolnej, ale w odchyleniu około

30°—60° od pionu. Jest to związane ze zjawiskiem osadzania się mieszaniny na dnie rurociągu

Nierównomierność ścierania ścianki nakazuje w praktyce obracać rury okrągłe celem lepszego ich wykorzystania. Obraca się rury zwykle dwukrotnie o kąt 120°. Praktycznie jest to najlepszy sposób wykorzystania rury okrągłej. Wprawdzie w pewnych przypadkach, przy odcinkach o dużym upadzie, obrót trzykrotny o kąt 90° mógłby dać jeszcze równomierniejsze zużycie rury, ale w warunkach kopalnianych zawodzi przeprowadzanie takiej precyzyjnej roboty.

Ponieważ zależnie od kąta upadu rurociągu zmienia się wybitnie stopień zużywania się rur, dlatego też — celem dobrego wykorzystania rurociągu — trzeba obserwować charakter zużycia się rur dokładnie, w każdym odcinku rurociągu, aby go obrócić w odpowiedniej chwili. Np. przy upadzie 10—18° rura okrągła zużywa się w następujący sposób:



Rys. 57. Wyniki pomiarów starcia ścianki rur podsadzkowych okrągłych ∅ = 150 mm przy różnych kątach nachylenia rurociągu

Jeżeli największe zużycie na dnie rurociągu przyjąć 100%, to w odległości 60° od osi pionowej zużycie wyniesie około 57%, wyżej znowu o 60° zużycie jest około 14%, a na stronie grzbietowej (naprzeciw największego zużycia w części spodniej) praktycznie nie ma zużycia.

Analogiczne cyfry w rurociągu poziomym są — 100%, 121%, 82%, 22%. W odległości 45° od osi pionowej zużycie wynosi nawet 130% (zachodzi tu osadzanie się materiału podsadzkowego w czasie podsadzania).

Wyniki podobnych pomiarów, przedstawione na wykresie (rys. 58) (z tym, że przy krzywej I przyjęto za 100% największe ścieranie ścianki pod kątem 45°), dają charakterystyczne *krzywe ścierania ścianki rur*. Oczywiście należy tu podkreślić, że odnoszą się one do danych warunków i do danego materiału podsadzkowego.

W wymienionych przykładach uzyskano dane z szeregu pomiarów rur o średnicy 150 mm i przy podsadzaniu piaskiem 90—110 m^3/godz, zawierającym średnio około 3—4% żwiru i około 4—5% materiału glinastego (iłu, mułu, ziemi), przy czym w niektórych okresach procent żwiru podnosił się 2—3-krotnie. Piasek był na ogół średnio i gruboziarnisty.

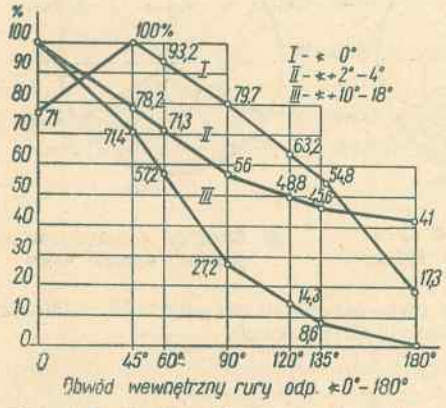
Trzeba dobrze poznać każdorazowo charakter zużywania się rurociągów, by nie narazić się na straty. Łatwo bowiem można zniszczyć rurociąg po przepuszczeniu zaledwie 50% tej ilości, którą przy umiejętnym obchodzeniu się z tym rurociągiem można uzyskać.

Dla zilustrowania tego, co powiedziano o zużyciu rur, należy podać przykłady praktyczne.

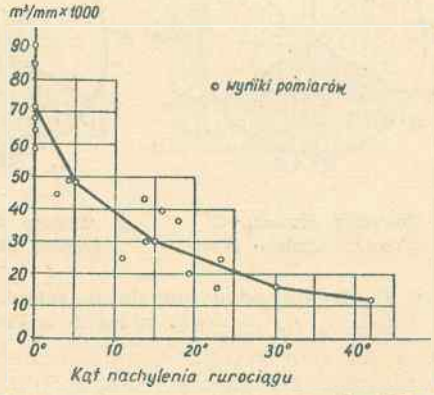
Przeszło 8-letnia obserwacja podsadzki płynnej na jednej z kopalń podsadzającej średnio powyżej 2000 m³ dziennie trzema instalacjami podsadzkowymi, o sieci rurociągu około 25 km, dała ciekawe wyniki co do zużycia rur.

Podsadzano materiałem, którego charakterystyka została podana poprzednio, przy omówieniu ścierania ścianek rur.

Obserwacji poddano tzw. rurociągi główne, to jest takie, które doprowadzały podsadzkę do rozgałęzień polowych (oddziałowych). Rurociągi główne stanowiły 50% ogólnej długości rurociągów, z czego ~ 7% było odcinków pionowych. W pozostałych odcinkach używano zasadniczo w poziomie rur okrągłych (52%), a na upadzie (przeważnie od 0—20°) rur owalnych (48%).



Rys. 58. Krzywe ścierania ścianki rur podsadzkowych okrągłych przy różnych kątach nachylenia rurociągu



Rys. 59. Krzywa zużycia rur podsadzkowych w zależności od kąta nachylenia rurociągu (m³/mm starcia ścianki)

Używane części rurociągów:

a. Rury okrągłe, gładkie, walcowane bez szwu, tzw. rury O o średnicy wewnętrznej 147—150 mm i grubości ścianki 10—12 mm, oraz rury L — o średnicy 145—149 mm i grubości ścianki 8—10 mm, zespawane z dwu części. Długość rur zasadniczo 3 m — częściowo 6 m; kołnierze luźne.

b. Rury owalne D lub DD, zespawane z dwu części o przekroju, odpowiadającym rurze okrągłej o średnicy 145 mm. Grubość ścianki w najgrubszym miejscu 18—20 mm, a w części okrągłej 8—10 mm; długość 3 m.

Wszystkie rury były zaopatrzone na końcach w nakładkę 200 mm długości i 5—6 mm grubości; ciężar jednego metra rury od 52—77 kg; materiał na rury — stal o wytrzymałości 60—70 kg/mm².

c. Kolana o odcinkach 10°, 15° i 30°, o promieniu krzywizny 1,5 m, o przekroju okrągłym 150 mm średnicy, przy czym ścianka grzbietowa o grubości 25—28 mm, a ścianka wewnętrzna 13—15 mm, ciężar od 37—78 kg na 1 sztukę; kołnierze stałe. Materiał: odlew stalowy z dodatkiem Mn 1,2—1,3% względnie 1,5—2%, o wytrzymałości powyżej 65 kg/mm².

d. Łączniki przejściowe (z rur owalnych na okrągłe) i wyrównawcze, w wielkościach znormalizowanych 0,25, 0,50, 1 m z takiego samego materiału jak kolana, grubość ścianki 50% większa jak przy rurach.

Rurociągi główne były podzielone na odcinki pionowe, poziome i pochyłe w granicach mniej więcej jednakowego upadu. Pomiary kontrolne wykonywano w pewnych określonych odstępach czasu cyrklem kabłąkowym (rys. 54 j), sięgającym do 300 mm od końca rury.

Mierzono grubość ścianki przy rurach okrągłych w ośmiu miejscach (w płaszczyźnie pionowej, poziomej i pod kątem 45°), a przy owalnych w sześciu miejscach (w płaszczyźnie pionowej, poziomej i pod kątem 45°, ale tylko w spodniej części rury). Rury okrągłe były obracane dwukrotnie o kąt 120°.

W warunkach wyżej opisanych przypadają następujące ilości materiału podsadzkowego na 1 mm starcia ścianki rury, bez uwzględnienia obrotu:

odcinki poziome	65 — 75 000 m³/mm
„ pochyłe 0 — 10° . . .	65 — 30 000 „
„ „ 10 — 20° . . .	40 — 20 000 „
„ „ 20 — 40° . . .	20 — 12 000 „
„ pionowe	12 — 30 000 „
kolana (wyniki bardzo różnorodne) .	2 — 8 000 „

Krzywa zużycia rur podsadzkowych w rurociągach poziomych i pochyłych przedstawiona jest na rys. 59.

Zależnie od czasu, w którym przy rurociągach okrągłych wykonano obrót, przepuszczano przez nie w rurociągach głównych:

odcinki poziome	600 — 700 000 m³
„ pochyłe 0 — 10° . . .	600 — 450 000 „
„ „ 10 — 20° . . .	500 — 300 000 „
„ „ 20 — 40° . . .	300 — 175 000 „
„ pionowe	130 — 250 000 „
kolana	50 — 150 000 „

Należy zaznaczyć, że znając charaktervstykę ścierania ścianek rur przy odpowiednim ich obracaniu, można obliczyć ilość przepuszczonego materiału podsadzkowego na każdym odcinku; znając zaś procentowy udział poszczególnych odcinków można obliczyć średnią ilość mieszaniny przepuszczonej przez cały rurociąg, co jest ważnym wskaźnikiem przy zaopatrywaniu się w rury względnie przy kalkulacji kosztów zużycia rurociągów do podsadzenia pewnych partii pokładów.

W warunkach omawianej kopalni uzyskano około 500 000 m³ podsadzki, jako ilość przepuszczaną przeciętnie przez wszystkie rurociągi główne.

Rury w rurociągach głównych zużywano do pozostawienia 3—4 mm grubości ścianki, a następnie je wymontowywano i po przeprowadzeniu ewentualnej naprawy używano w odcinkach polowych lub oddziałowych i przy zabierkach. Rury takie były o 50—60% lżejsze od nowych.

Przybliżoną ilość zużywanych rur obrazują liczby przykładowej kopalni:

rocznie w ciągu około 8 lat podsadzano	600 000 m³
w tym czasie zużywano rocznie nowych rur	1 800 m
co przy około 12,5 km długości rurociągów głównych daje zużycie w rurociągach głównych	14,5%

Na 1000 m³ podsadzanego piasku przypada:		Rozdział kosztów w %
rur nowych okrągłych (52%) i owalnych (48%) .	3,06 m	— 65,0%
kolan i różnych łączników nowych (stalowych) .	0,47 szt.	— 12,0%
uszczelek tekturowych	7,7 kg	— 5,5%
śrub (3 4 i 5/8)	18,0 kg	— 7,0%
różnych materiałów, narzędzi itp.		10,5%
		100%

Koszty 1 mb nowego rurociągu zabudowanego na dole:

rury (ciężar 1 mb — 58 kg)	58,8 zł	— 73,5%
kolana, łączniki (~0,16 szt./m)	10,8 zł	— 13,5%
inne materiały	5,4 zł	— 6,7%
Razem materiał około . . .	75,0 zł	— 93,7%
Robocizna około	5,0 zł	— 6,3%
Razem 1 mb	80,0 zł	— 100%

W ostatnich dwu latach przed wojną zaczęto używać rur okrągłych o grubości ścianki 15 mm wychodząc z założenia, że każdy dodatkowy mm ścianki służy już wyłącznie do znacznego przedłużenia czasu służby rury w rurociągu głównym, dlatego jednorazowy koszt zabudowania takich rur amortyzuje się taniej. Grube rury są korzystne szczególnie w odcinkach pionowych (szyby, szybiki).

6. ZNACZENIE ŚREDNICY, GRUBOŚCI ŚCIANKI ORAZ DŁUGOŚCI RUR PODSADZKOWYCH

Poprzednio wspomniano, że w praktyce używa się rur o różnej średnicy, od 125 do 200 mm. Najczęściej używane są rury o średnicy 150 mm i 187 mm.

Wiadomo z rozważań teoretycznych, że do pewnej określonej wydajności podsadzki przy danym materiale, nachyleniu przewodu i stosunku mieszaniny, istnieje określona prędkość idealna, przy której opory ruchu są najmniejsze. Istnieje zatem idealna średnica rurociągu, która tę prędkość warunkuje. Przy średnicy większej istnieje niebezpieczeństwo osadzania się materiału, przy mniejszej średnicy zwiększają się opory ruchu.

Z drugiej strony dla danych warunków ze zwiększonym przekrojem rurociągu rośnie jego wydajność.

Wzór na *spadek hydrauliczny*, spowodowany oporami ruchu wody, *w rurociągu podsadzkowym* jest następujący:

$$i = \frac{4K}{D} \cdot v_w^2 \cdot (1 + e).$$

Wzór na *prędkość wody* [7]

$$v_w = \frac{Q_p \cdot (1+e)}{e \cdot S}.$$

Po podstawieniu v_w do równania na i można je przedstawić w następującej postaci:

$$i = \frac{1}{D^5} \cdot \alpha,$$

gdzie α jest częścią równania, zawierającą czynniki dane: Q_p wydajność instalacji podsadzkowej, e stosunek mieszaniny i K współczynnik oporu ruchu wody.

Równanie na spadek hydrauliczny wskutek oporów ruchu wody, przedstawione w tej postaci, pokazuje, jak wielki wpływ na opory ma średnica rurociągu.

Jeżeli oznaczyć przez i — spadek hydrauliczny w rurach o średnicy $D = 150$ mm, i_1 — spadek hydrauliczny w rurach $D_1 = 185$ mm, to stosunek

$$\frac{i}{i_1} = \left(\frac{D_1}{D}\right)^5 = \left(\frac{185}{150}\right)^5 = 2{,}85,$$

czyli w przybliżeniu 3.

Opór zatem rury o średnicy 150 mm jest prawie 3 razy większy od oporu rury o średnicy 185 mm. Przejście ze średnicy 150 mm na 185 mm, zmniejszające prawie 3-krotnie opory, daje możność zwiększenia odległości podsadzania, przy zachowaniu tej samej wydajności podsadzki i stosunku mieszaniny.

Rozważania te nie są ścisłe, gdyż przy podsadzce płynnej wchodzi w rachubę nie tylko spadek hydrauliczny z powodu oporów ruchu wody, ale również z powodu przenoszenia materiału podsadzkowego. W rezultacie otrzymamy zatem dla całości urządzenia wynik różny od powyżej wyprowadzonego — niemniej jednak to rozumowanie obrazuje wybitnie rolę średnicy rurociągu podsadzkowego.

Tymczasowa normalizacja rurociągów wprowadza tylko dwie średnice: 150 mm i 185 mm, jako najczęściej spotykane na naszych kopalniach (rys. 54 b i c).

Przy średnicy 185 mm w porównaniu do 150 mm mamy wzrost wymiarów poprzecznych o 23,3%, wzrost powierzchni przekroju z 0,0177 m^2 na 0,0268 m^2 — o 51,3%. Daje to możliwość zwiększenia o około 60—70% maksymalnej wydajności instalacji podsadzkowej względnie przy tej samej wydajności — umożliwia większy zasięg podsadzania przy danym stosunku mieszaniny i danych warunkach średniego rozporządzalnego

spadku hydraulicznego oraz średnim współczynniku oporu materiału podsadzkowego (przeliczone według wzorów prof. Budryka, przytoczonych poprzednio).

Ponieważ przy średnicy 150 mm spotyka się zwykle w praktyce wydajność 80—150 m^3/godz, można przez zwiększenie średnicy na 185 mm uzyskać wydajność 130—250 m^3/godz i więcej.

Co do długości rur należy zauważyć, że jest ona ograniczona przekrojem i grubością ścianki, z czym łączy się ciężar 1 mb. Ciężar rury musi być tak dobrany, żeby były ułatwione wszelkie transporty rur wykonywane ludźmi w chodnikach rurowych, zwykle na zarzuconych już górnych poziomach.

Z rozważań o zużyciu ścianki rury wynika, że im grubsza jest jej ścianka, tym lepiej wykorzystać można całość rury. Gdy przyjąć, że po starciu ścianek do 3 mm rura jest właściwie zużyta (przynajmniej w głównych rurociągach), to dodatek każdego mm na grubości ścianki przedłuża żywot rury w większym stopniu, niż wynikałoby to z procentowego zwiększenia grubości ścianki. Należy bowiem odrzucić tzw. „martwą grubość ścianki" (3 mm), bo ona w obu przypadkach jest jednakowa, np. przy 10 mm ściance zwyżka o 1 mm daje zwyżkę w użyciu rury podsadzkowej nie 10 %, lecz 14 %. Należy zatem iść w kierunku zwiększenia grubości ścianki, gdyż to jest korzystniejsze tak w praktyce górniczej, jak również dla zakładów wytwarzających rury.

Wspomnianą powyżej „martwą grubość ścianki", czyli minimalną, grubość, do której można doprowadzić zużycie rur podsadzkowych w rurociągach głównych, należy skontrolować obliczeniem ze wzoru na grubość ścianki rur na rozerwanie.

$$c > \frac{p \cdot D}{2 \cdot K_r},$$

gdzie oznaczono:

c — grubość ścianki w cm,
D — średnica rur w cm,
p — ciśnienie robocze wewnątrz rury w atmosferach,
K_r — dopuszczalna wytrzymałość na rozerwanie materiału rury $\cong 1000$ kg/cm^2.

Przyjmując w zwykłych warunkach $p = 40$ at i $D = 15$ cm, otrzymamy $c = \frac{40 \cdot 15}{2 \cdot 1000} = 0{,}3$ cm, czyli 3 mm (Przegląd Górniczo-Hutniczy nr 10, 1936, artykuł inż. Z. Kochanowskiego pt. „Zużywanie się rurociągów podsadzkowych").

Na omawianej kopalni używano rur 3-metrowych (średnica 150 mm) o ciężarze 160 kg (O,L) — 186 kg (D) — 232 kg (DD). Przy transportach i zabudowaniu pracował zastęp 4 rurarzy. Już przy rurach 232 kg ciężar ich okazał się niewygodny, tym bardziej wobec bardzo nieporęcznego kształtu rury DD.

Długość 3 m była bardzo wygodna przy transportach szybem, gdyż w klatce szybowej rury mieściły się leżąco na „kozie". Również zabudowanie takich rur w ciągach pionowych było bardzo wygodne (robota z klatki w szybie). Ponieważ na oddziałach sztygarskich używano wyłącznie rur

wybudowanych z głównych rurociągów, były one o przeszło połowę lżejsze i bardzo wygodne do budowy w zabierkach (często na rusztowaniu), względnie na ścianie. Długość 3 m była wygodna również przy przechodzeniu na grubsze ścianki (15 mm), gdyż wzrost ciężaru obracał się jeszcze w granicach możliwych dla wysiłku czterech ludzi manipulujących rurą.

Należy podkreślić, że 1 mb rury 3-metrowej jest droższy niż 4-, 5- względnie 6-metrowej, gdyż wykonanie kołnierzy i nakładek podraża ją znacznie. Również duża ilość połączeń jest niewskazana w praktyce.

Uwzględniając to, zdecydowano w miarę wychodzenia ze starych poziomów zastosować w rurociągach głównych w tych miejscach, gdzie warunki transportowe na to zezwalały, rury o długości 6 m. W pionowych odcinkach pozostały 3-metrowe. Ciężar rur 6 m wynosił przy rurach okrągłych około 292 kg, a przy D — 333 kg (rur DD nie zmieniano): rury 6-metrowe były tańsze o około 16—21%.

Z trudnościami i kłopotami, jakie wynikają z zastosowania takich długich rur, nie liczono się dlatego, że postanowiono zużyć te rury do 3 — 4 mm grubości ścianki w rurociągach głównych, a później, po przecięciu ich na dwie części i dospawaniu kołnierzy ze starych rur, zużywać w dalszym ciągu w oddziałach przy bardzo wygodnej długości 3 m. Stosowanie innych długości, np. 4 i 5 m, było niewskazane, gdyż nie dawało wspomnianych korzyści w kosztach, a nadto powodowało zamieszanie przez wprowadzenie różnych długości rur do istniejącej 3-metrowej.

Jak przedstawiał się stan rurociągów podsadzkowych w Polskim Przemyśle Węglowym po ostatniej wojnie, charakteryzuje najlepiej zestawienie wg stanu w I kwartale 1946 r.

Długość rurociągów ogółem (101 typów) . . .	425,0 km	— 100,0%
w tym rurociągi okrągłe (93 typy)	411,0 km	— 96,7%
w tym rurociągi owalne (8 typów)	14,0 km	— 3,3%

1. Wielkość i kształt przekroju (średnica):

rury okrągłe od 125 mm — 158 mm (13 typów)		
w tym 150 mm 37%	108,0 km	— 26,0%
rury okrągłe od 170 mm — 200 mm (9 typów)		
w tym 187 mm 78%	303,0 km	— 74,0%
Razem	411,0 km	— 100 %

rury owalne (120—124 mm) × (154—162 mm)		
(3 typy)	7,5 km	— 54 %
rury owalne (145—150 mm) × (198×258 mm)		
(5 typów)	6,5 km	— 46 %
Razem	14,0 km	— 100 %

2. Rodzaj ścianek wewnętrznych:

rury okrągłe gładkie (59 typów)	329,2 km	— 96,1%
„ „ żeberkowe (10 typów)	13,4 km	— 3,9%
Razem	342,6 km	— 100 %

3. *Rodzaj materiału, z którego wykonano rury (rury okrągłe):*

rury żelazne bez wykładzin (69 typów) . . .	342,7 km	—	83,4%
„ „ z wykładziną stalową (2 typy) . .	0,9 km	—	0,4%
„ „ z wykładziną porcelanową . . .	0,7 km		
„ „ z wykładziną żużlową (Rössing — — 14 typów)	32,1 km	—	7,8%
rury żelazne z wykładziną bazaltową (5 typów)	15,7 km	—	3,8%
rury betonowe względnie z wykładzinami betonowymi (2 typy)	18,9 km	—	4,6%
Razem	411,0 km	—	100 %

W grupie 3 jest ~ 42 % rur spawanych.

4. *Sposób łączenia rur:*

rury kołnierzowe (84 typów)	422,5 km	—	99,4%
rury mufowe (8 typów)	2,5 km	—	0,6%
Razem	425,0 km	—	100 %
w rurach kołnierzowych styk na wpust i wypust	(64,9 km)	—	15,3%

5. *Grubość ścianek (rury okrągłe bez wykładzin):*

3 — 7 mm (5 typów)	42,6 km	—	12,4%
8 — 10 mm (4 typy) w tym 8 mm — 78% 10 mm — 20%	270,0 km	—	78,9%
10 — 17 mm (4 typy) w tym 12 mm — 85%	30,0 km	—	8,7%
Razem	342,6 km	—	100 %

6. *Długość rur (kołnierzowe):*

rury 3-metrowe	71,7 km	—	17,0%
„ 4-metrowe	207,3 km	—	49,0%
„ 5-metrowe	25,8 km	—	6,1%
„ 6-metrowe	52,9 km	—	12,5%
„ inne (w tym 2-metrowe — 81%) . . .	64,8 km	—	15,4%
	422,5 km	—	100 %

7. *Wzmocnienie końcowe (rury okrągłe bez wykładzin i rur mufowych):*

z nakładką	196,6 km	—	58 %
bez nakładki	143,6 km	—	42 %
	340,2 km	—	100 %

8. *Podział rur według miejsca położenia:*

I. Rurociągi główne:

a. pionowe — szybowe okrągłe	17,5 km	19,9 km	—	4,7%
otworowe okrągłe	2,4 km			
b. poziome — rury okrągłe . . .	115,8 km	120,5 km	—	28,4%
rury owalne . . .	4,7 km			
c. pochyłe — rury okrągłe . . .	97,2 km	104,6 km	—	24,6%
rury owalne . . .	7,4 km			
Sa I — rury okrągłe	232,9 km	245,0 km	—	57,7%
rury owalne	12,1 km			

II. Rurociągi polowe:

	rury okrągłe . . . 178,1 km rury owalne . . . 1,9 km	180,0 km —	42,3%
Sa I + II —	rury okrągłe . . . 411,0 km rury owalne . . . 14,0 km	425,0 km —	100 %

Obecna tymczasowa normalizacja przyjęła długość 4 m, gdyż tę długość stosowała przeważająca ilość kopalń. Ciężary znormalizowanych rur wynoszą przy średnicy 150 mm około 202 kg, a przy 185 mm średnicy około 212 kg (patrz załączone tymczasowe normy rurociągów podsadzkowych).

7. ZATKANIA RUROCIĄGÓW PODSADZKOWYCH

W rurociągach zdarzają się zatkania rur. Jest to zjawisko bardzo nieprzyjemne przy podsadzaniu. Zatkania powodują przerwy w ruchu, zanieczyszczenie chodników, w których położone są rurociągi podsadzkowe, rujnują stan rurociągów i zwiększają koszty. Zatkanie rur jest szczególnie niebezpieczne, gdy podsadza się miejsce objęte pożarem i gdy dostęp do rurociągu jest uniemożliwiony wskutek obecności dymów i gazów pożarowych w chodnikach rurowych, którymi zwykle są chodniki powietrzne.

Zatkanie zachodzi przy całkowitym wypełnieniu pewnego odcinka względnie odcinków rurociągu materiałem podsadzkowym, co następuje wtedy, gdy stopień zwilżenia przekroju $a = 1{,}6\ n$, czyli gdy wolne przestrzenie w materiale przestają być wypełnione wodą (a więc gdy drugi zasadniczy warunek ruchu mieszaniny nie zostaje wypełniony).

Przyczynami zatkań są:

a. Ciała obce w rurociągu, które dostały się albo przypadkiem, albo zostały umyślnie wrzucone, jak kawałki drewna, żelaza, drutu, kawałki porcelany lub innych wykładzin przy rurach z wykładzinami, większe bryły węgla, szczególnie gdy rurarze przy zabudowaniu rur nie zwracają uwagi, czy zabudowana rura jest czysta, wreszcie korzenie, darń itp.
b. Różna wielkość ziarn materiału podsadzkowego, gdy materiał zawiera za dużo wielkich ziarn np. żwiru i dana szybkość wody nie wystarcza na uniesienie tych ziarn, co zdarza się zwykle przy kolanach. Wypadki takie spowodowane są zazwyczaj złym stanem sit nad lejem i w urządzeniach do rozdrabiania materiału.
c. Ułożenie rurociągów ze wzniosem lub też długie odcinki poziome, w których następuje osadzenie materiału. Skoro w pewnej chwili mieszanina przepływa z większą szybkością, powoduje to zbicie osadzonego materiału i zatkanie rurociągu (również zwykle w kolanach).
d. Nierównomierne zasilanie rurociągów mieszaniną podsadzkową. Puszczenie za gęstej mieszaniny (za mało wody) łatwo powoduje zatkanie.
e. Słabe rury względnie kolana i łączniki. Przy wzroście ciśnienia w rurociągu ponad normalny stan pękają wszystkie słabe części rurociągu.
f. Wpływ worków powietrznych.

g. Niedostateczne przepłukanie rurociągu po zakończeniu względnie przed rozpoczęciem podsadzania, wskutek czego pozostały w rurach materiał zostaje zbity nagle przez powietrze i wodę w chwili rozpoczynania podsadzania, przy czym następuje albo rozerwanie rur, albo zatkanie. Wypadek zanieczyszczenia rurociągu może zajść po nagłej ulewie, gdy zasuwy w zbiorniku otwartym nie są szczelne i materiał przedostanie się do rurociągu.
h. Za późne sygnalizowanie podsadzkowni o potrzebie zastawienia podsadzki w miejscu podsadzania.
i. Nieszczelności rurociągu powodujące najcięższe zatkania, gdyż powstają one powoli.
j. Różne: nagły zawał na chodniku i zarwanie rurociągu, niedostateczne umocowanie rurociągu, złe przepięcie, przebudowy chodników, strzelanie na rury przy przebudowach chodników itp.

Przetyka się rurociąg, zależnie od charakteru zatkania, po rozpięciu mniej lub więcej krótkich odcinków, słupem wody puszczanej do rurociągu z podsadzkowni.

Kwalifikowana obsługa poznaje po głosie wydawanym przy opukiwaniu rur, jaki jest charakter zatkania i potrafi ocenić, jak długi odcinek należy wyłączyć na jeden raz. Kolana są zwykle miejscami, gdzie zatkania są najcięższe. Najtrudniejsze do przetykania są odcinki pionowe w szybach, a szczególnie odcinki prowadzone otworami wiertniczymi (trzeba niekiedy wyciągać kolumnę rur).

Dla zobrazowania rodzaju i częstotliwości zatykania się rurociągów podsadzkowych podajemy statystykę za 6 lat z przykładowej kopalni:

podsadzono ogółem	3 600 000 m^3
zatkań było	266
przepracowano przy przetykaniu i przy naprawie rurociągów po zatkaniach dniówek	4647
przepracowano przy przetykaniu i naprawie w stosunku do ogółu dniówek przepracowanych na dole	
przy rurociągach i podsadzaniu (bez tam) dniówek	3,7 %
na jedno zatkanie dniówek	17,5
średni czas przetykania godzin	10—15
jedno zatkanie przypadało na podsadzonych . . .	13 500 m^3
przyczyny zatkań:	
a. słabe rury bądź kolana i łączniki (głównie żelazo lane i rury B)	38,5 %
b. ciała obce (włączając w to wykładziny z rur B = 18,5 %)	25,5 %
c. stosunek mieszaniny (żwir i kamienie, nieszczelność rur, mało wody, rurociągi wznoszące się itp.)	21 %
d. wadliwa organizacja toku podsadzania . . .	15 %

8. KONTROLA RUROCIĄGÓW PODSADZKOWYCH

Ażeby ograniczyć ilość zatkań, a tym samym zwiększyć pewność ruchu instalacji podsadzkowej, musi się prowadzić odpowiednią gospodarkę rurociągami. Trzeba znać dobrze stan rurociągu, zużycie rur w poszczególnych odcinkach, poza tym należy w odpowiednim czasie obracać rury, bądź je wymieniać, czyli konieczna jest stała kontrola.

Kontrolę rurociągu przeprowadzają zazwyczaj dwaj doglądacze (zwykle rurarze) w czasie podsadzania. Kontrola ta ma na celu stwierdzanie stanu rurociągu, jego szczelności podczas pracy oraz czuwanie nad ruchem mieszaniny podsadzkowej. Doświadczony doglądacz poznaje po ruchu mieszaniny w rurach, czy podsadzanie odbywa się prawidłowo. Wszystkie miejsca nieszczelne, bądź uszkodzone, które doglądacze zabezpieczają prowizorycznie w czasie ruchu, usuwane są po zakończeniu podsadzania.

Celem usprawnienia kontroli powinny być wzdłuż rurociągów rozmieszczone telefony, połączone o ile możności wprost z podsadzkownią. Telefony powinny się znajdować szczególnie w miejscach odgałęzień od głównych rurociągów.

Dla skontrolowania drożności rurociągów, szczególnie po zatkaniu, przepuszcza się *kulę drewnianą* (w rurach 150 mm — kulę o średnicy 90 — 100 mm). Jest to praktyczny sposób i daje dobre wyniki (niekiedy trzeba puszczać kilka kul dla znalezienia przeszkody w rurociągu).

Celem zbadania słabych miejsc rurociągu poddaje się go ciśnieniu kilkunastu i więcej atmosfer (na kopalni Kazimierz 20 — 25 at) po zaślepieniu rurociągu i napełnieniu wodą. Rury słabe i nieszczelne styki zostają w ten sposób łatwo wykryte. Kontrolę taką można przeprowadzać po przepuszczeniu 50 — 60 000 m^3 mieszaniny podsadzkowej, dzięki czemu ogranicza się wypadki rozerwania rur oraz unika się nieszczelności w czasie podsadzania (sposób opisany w Przeglądzie Górniczo-Hutniczym nr 7, 1935, przez prof. inż F. Zalewskiego).

Wreszcie dla zbadania zużycia ścianki rurociągu muszą być przeprowadzane pomiary co pewien okres czasu, o czym wspomniano już poprzednio.

9. UWAGI OGÓLNE O GOSPODARCE RUROCIĄGAMI PODSADZKOWYMI

Podsadzka płynna ma dla kopalń eksploatujących grube pokłady żywotne znaczenie. Mimo to zdarza się, że podsadzka płynna uważana jest za konieczność, którą się ledwo cierpi. Zapatrywanie takie można uznać za słuszne wtedy, gdy podsadzka płynna pracuje bez pewności ruchu, z przerwami oraz z wywołaniem trudności ruchowych przy wydobyciu.

Już sam fakt, że podsadzka płynna wprowadza do kopalni wielkie ilości wody zanieczyszczonej szlamem, sprawia trudności i kłopoty ruchowe. Jeżeli ponadto w chwilach decydujących (np. konieczność szybkiego podsadzenia zabierki względnie ściany dla uniknięcia zawału lub konieczność wykonania korka zamułkowego dla ochrony kopalni przed stratą całych oddziałów w razie rozwinięcia się pożaru) zdarzy się, że podsadzanie zawodzi, czy to z powodu zatkania rur, czy też wskutek niesprawnego podsadzania lub niedobrego stanu rurociągu, to nic dziwnego, że się nieraz patrzy na podsadzkę płynną co najmniej z pewnym uprzedzeniem.

Nie jest również błahostką przeprowadzenie podsadzania wielkich ilości materiału podsadzkowego w stosunkowo krótkim czasie (100 — 250 m^3/godz) przy uwzględnieniu trudności, jaką sprawia otrzymanie możliwie jednorodnej mieszaniny.

Ażeby więc podsadzka płynna mogła spełnić należycie swe zadanie, należy uczynić wszystko, by pewność ruchu w czasie podsadzania była

jak największa. Ponieważ rurociągi stanowią w ogniwie całego urządzenia zasadniczą część, trzeba gospodarkę rurociągami zorganizować jak najsprawniej.

Na podstawie długoletniej praktyki można ustalić następujące wytyczne gospodarki rurociągami:

a. Na kopalniach stosujących podsadzkę płynną muszą być dokładne plany rurociągów podsadzkowych (z podaniem wysokości niwelacyjnej), podobnie jak plany przewietrzania. Niezależnie od planów powinien być sporządzony schematyczny profil podłużny rurociągu z dokładnym podaniem długości poszczególnych odcinków i kąta nachylenia. Planami powinny być objęte przynajmniej rurociągi główne tj. takie, które doprowadzają podsadzkę do poszczególnych oddziałów, bądź takie, które po zabudowaniu nie są przenoszone i istnieją aż do całkowitego zużycia.

b. Rurociągi podsadzkowe powinny być podzielone dokładnie na odcinki pionowe, poziome i pochyłe, przy czym w odcinkach pochyłych należy ustalić o ile możności odcinki jednakowego nachylenia względnie takie, których nachylenie waha się w niewielkim stopniu.
Wszystkie kolana powinny być oznaczone kolejno liczbami (najlepiej zastosować tabliczki). Również w danym odcinku powinno się oznaczyć kolejno co piątą, bądź dziesiątą rurę po to, aby łatwo było zorientować się, gdzie w razie potrzeby ma być wykonana robota. Numeracja odcinków i kolan powinna być naniesiona na plan.
Jeżeli są rurociągi podwójne, to powinny być specjalnie znakowane na dole, żeby nie wprowadzać zamieszania przy podawaniu sprawozdań. W odcinkach pionowych w szybie wyznacza się zwykle jeszcze mniejsze odcinki (serie), najlepiej według rur skrzydlatych, podtrzymujących kolumnę rur.
Ponadto należy prowadzić *Książkę przepuszczanej podsadzki płynnej*, w której są przewidziane osobne rozdziały dla każdego odcinka rurociągu i kolana. W książce tej należy odnotować, jakie rury są zabudowane, datę zabudowania, datę pomiarów wraz z wynikami, datę obracania rur. Zapisywać należy poza tym ilości miesięcznie przepuszczonej podsadzki w m^3. Książka ta daje pogląd na stan rur, kolan i łączników i dopomaga do ustalenia daty ich wymiany. Ilość przepuszczanych przez dany odcinek rurociągu m^3 podsadzki najlepiej podawać według godzin podsadzania.

c. W każdym odcinku należy wymieniać rury w jednym czasie. Jeżeli używa się na kopalni rur różnych typów, to nie należy ich mieszać w jednym odcinku, ale zawsze używać rur jednego typu, jednakiej grubości ścianki i o jednakowym stopniu zużycia (jeżeli zabudowuje się rury częściowo używane). To samo dotyczy kolan i łączników. Do każdego dłuższego odcinka powinno być w zapasie kilka rur do wymiany.

d. Chodniki rurowe do rurociągów podsadzkowych powinny być proste i mieć o ile możności jednakowy spadek. Przy chodnikach poziomych należy do ścieków stosować przynajmniej dwa razy większy spadek niż zwykle (najmniej 0,01), żeby zmniejszyć do minimum osadzanie się piasku w razie konieczności wypuszczenia go, np. przy przetykaniu rur. Chodnik rurowy powinien mieć stale wystarczający przekrój.

O ile rurociąg buduje się po wzniosie, to przy dolnym kolanie dowierzchni lub przebitki wznoszącej się powinno być połączenie do odprowadzenia wody względnie piasku na niższy poziom (gdyż przy czyszczeniu rurociągów można zamulić łatwo cały przekrój dolnego kolana).

e. Rury podsadzkowe w odcinkach poziomych bądź pochyłych należy zabudować zasadniczo na wieszakach względnie podporach, a nie na spodku, gdyż to utrudnia dostęp przy otwieraniu rurociągów. Jeżeli są do dyspozycji ciężkie rury z wykładziną, można je budować na spodku, ale trzeba w każdym razie dać odpowiedniej grubości podkładki. Rura powinna być tak umieszczona przy ociosach, żeby ze wszystkich stron można było pracować kluczem przy rozkręcaniu śrub.

Gdy chodnik jest falisty w płaszczyźnie pionowej, należy tak zabudować rury, aby wyrównać tę falistość (choćby nawet wypadło pewien odcinek położyć na spodku). Jeżeli układ chodnika jest falisty w płaszczyźnie poziomej, należy o ile możności zabudować rurociąg prosto, przechodząc z jednego ociosu na drugi.

Jeżeli rury zabudowuje się na wieszakach kabłąkowych, wieszaki te powinny mieć taki prześwit, żeby można było rurę przesunąć o jej szerokość.

Zawieszenie rur powinno być tak wykonane, żeby się rury nie ruszały. Szczególnie odcinki na upadzie muszą być zabezpieczone przed zesunięciem się rur wzdłuż osi rurociągu. Zesunięcie się rur może zdarzyć się przy ich rozpinaniu lub w czasie pracy rurociągu w razie ściągnięcia się słabiej osadzonych kołnierzy rur, jak również może się zdarzyć przy przetykaniu rurociągu.

Kolana o kącie 90^0, szczególnie przy przejściu z upadu na poziom bądź odwrotnie, powinny być silnie umocowane rozporami, są to bowiem miejsca, gdzie najłatwiej o poruszenie się rurociągu (szczególnie przy przetykaniu).

W odcinkach pionowych ma szczególne znaczenie dobre umocowanie rurociągu. Rurociąg powinien być tak zabezpieczony, żeby nie mógł się przesunąć w żadnym kierunku. Na belkach zbrojenia w szybie należy zrobić stałe znaki, umożliwiające skontrolowanie pionowego położenia rurociągu. Podparcie i umocowanie kolan szybowych (również odcinków pionowych) powinno być wykonane szczególnie starannie.

W miejscach rozgałęzienia rurociągów należy tak przygotować miejsce, żeby przepinanie z łatwością mógł wykonać jeden człowiek, przy czym, szczególnie przy przejściu z upadu na poziom, należy zabezpieczyć rurociąg przed przesunięciem się wzdłuż osi.

f. Najpraktyczniej jest używać rur w rurociągach głównych do pewnej granicy zużycia (50 — 70 %), a potem przesunąć je do oddziałów wydobywczych. Rury takie są lżejsze i wygodniejsze w użyciu. Zabudowanie rur nowych, jako tzw. polowych w oddziałach wydobywczych jest marnotrawstwem. Na kopalniach, które wprowadzają dopiero podsadzkę płynną i nie mają dlatego starych, zużytych rur na rurociągi polowe należy wprowadzić specjalne rury cienkościenne (3 do 5 mm) do czasu aż zostaną wymienione rury z rurociągów głównych.

g. Zasadniczo jest korzystniej w rurociągach głównych używać rur o ściankach grubszych, ze względu na lepsze ich wykorzystanie. Szczególnie odnosi się to do rurociągów szybowych, gdzie zużycie rur jest duże i na ogół równomierne na całym obwodzie. Zabudowanie rur w odcinkach pionowych jest szczególnie trudne i dlatego należy możliwie przedłużyć okres trwania raz zabudowanego rurociągu.
h. Przy zabudowaniu rur po raz pierwszy w pewnych odcinkach, należy początkowo częściej przeprowadzać pomiary, żeby ustalić dla danego odcinka charakter zużycia. W następnych okresach można przeprowadzać kontrole i pomiary w zależności od tego, jak się zachowuje dany odcinek pod względem zużycia. Obracanie rur okrągłych należy przeprowadzać w ściśle określonym czasie, gdyż to zapewnia najlepsze wykorzystanie ścianek rur.
i. W razie zatkania rurociągu nie uruchamiać podsadzania, dopóki po doprowadzeniu rurociągu do stanu normalnego nie skontroluje się drożności rur (kontrola kulą).

10. NORMY PRACY RURARZY PODSADZKOWYCH

Pracę rurarzy normuje stosowana obecnie norma tymczasowa NPGW 11 822, której wytyczne są następujące:

UWAGI OGÓLNE

1. Główny rurociąg podsadzkowy jest to stały rurociąg zabudowany w sposób trwały, doprowadzający podsadkę do rurociągów polowych.
2. Rurociąg polowy jest to rurociąg tymczasowy, którym doprowadzana jest podsadzka od rurociągu głównego do podsadzanych wyrobisk.
3. Kolana i trójniki lekkie stosowane na zabierkach i ścianach przeliczać na 2 m rurociągu.
4. Kolana i trójniki ciężkie stosowane w głównych rurociągach przeliczać na 4 m rurociągu, a łączniki na 2 m rurociągu.

BUDOWANIE GŁÓWNEGO RUROCIĄGU PODSADZKOWEGO

Czynności objęte normą:

1. Transport rur i materiałów do 50 m.
2. Przygotowanie rur i materiału na miejscu pracy.
3. Rozłożenie rur wzdłuż wyznaczonego kierunku.
4. Wykonanie pomostów pomocniczych w miarę potrzeby.
5. Przycięcie i zabudowanie słupów oraz poprzeczek.
6. Ułożenie rur i kolan na poprzeczkach.
7. Założenie uszczelek i połączenie rur.
8. Przygotowanie rozpór i unieruchomienie nimi rurociągu.
9. Uporządkowanie miejsca pracy.

Obsada: 5 ludzi

Jednostka normowania: 1 m rurociągu

Średnica rur mm	Norma	
	Produkcyjna P_z m/rob.godz	Czasowa C_z rob.min/m
150	1,50	40
185	1,35	44

Współczynniki:

	dla norm	
	P_z	C_z
1. Budowanie rurociągu na istniejących podporach lub na spodzie	do 1,20	do 0,84

WYMIANA RUR W GŁÓWNYCH RUROCIĄGACH PODSADZKOWYCH

Czynności objęte normą:

1. Transport rur i materiałów do 50 m.
2. Przygotowanie rur i materiału na miejscu pracy.
3. Dodatkowe unieruchomienie rurociągu rozporami.
4. Wykonanie pomostów pomocniczych w miarę potrzeby.
5. Odkręcanie (w razie potrzeby — ucięcie) śrub wymienianych rur.
6. Wbudowanie do ciągu przygotowanych rur.
7. Założenie uszczelek i połączenie rur.
8. Uporządkowanie miejsca pracy.

Obsada: 5 ludzi

Jednostka normowania: 1 m rurociągu

Średnica rur mm	Norma	
	Produkcyjna P_z m/rob.godz	Czasowa C_z rob.min/m
150	0,85	71
185	0,75	80

Współczynniki:

	dla norm	
	P_z	C_z
1. Kolejna wymiana kilku rur lub całego rurociągu	do 1,30	0,77

OBRACANIE RUR W GŁÓWNYCH RUROCIĄGACH

Czynności objęte normą:
1. Dodatkowe unieruchomienie rurociągu rozporami.
2. Wykonanie pomostów pomocniczych w miarę potrzeby.
3. Rozłączenie rurociągu w odcinkach nie dłuższych od 4 rur.
4. Obracanie rur.
5. Wymiana uszczelek i połączenie rur.
6. Unieruchomienie rurociągu w miarę potrzeby.
7. Uporządkowanie miejsca pracy.

Obsada: 4 ludzi
Jednostka normowania: 1 m rurociągu

Rodzaj podpór	Średnica rur mm	Norma	
		Produkcyjna P_z m/rob.godz	Czasowa C_z rob.min/m
drewniane	150 lub 185	2,70	22
żelazne	150 lub 185	3,78	16

BUDOWA RUROCIĄGÓW POLOWYCH

Czynności objęte normą:
1. Transport rur i materiałów do 50 m.
2. Przygotowanie rur i materiałów na miejscu pracy.
3. Wyznaczenie kierunku budowanego rurociągu.
4. Rozłączenie istniejącego rurociągu i doprowadzenie od niego rur do podsadzanego wyrobiska.
5. Przycięcie i przybicie poprzeczek lub zawieszenie linek.
6. Wykonanie pomostów pomocniczych w miarę potrzeby.
7. Układanie rur podsadzkowych i kolan na poprzeczkach lub linkach.
8. Złożenie uszczelek i połączenie rur śrubami.
9. Uporządkowanie miejsca pracy.

Obsada: 4 ludzi
Jednostka normowania: 1 m rurociągu

Wysokość wyrobiska m	Rodzaj wyrobiska	Średnica rur mm	Norma	
			Produkcyjna P_z m/rob. godz	Czasowa C_z rob. min/m
powyżej 1,50 do 3,00	chodniki i ściany	150	2,20	27
		185	2,10	29
powyżej 1,50 do 3,00	zabierki	150	2,00	30
		185	1,90	32

Współczynniki:

Wysokość wyrobisk m:	dla norm P_z	dla norm C_z
do 1,50	do 0,90	do 1,11
powyżej 1,50 do 3,00	1,00	1,00
powyżej 3,00 do 4,50	do 0,95	do 1,05
powyżej 4,50	do 0,85	do 1,18

ROZBIÓRKA RUROCIĄGÓW POLOWYCH

Czynności objęte normą:
1. Rozłączenie rurociągu.
2. Opuszczenie rur z podpór na spód wyrobiska.
3. Wywiezienie rur na odległość do 50 m.

Obsada: 4 ludzi
Jednostka normowania: 1 m rurociągu

Średnica rur mm	Norma	
	Produkcyjna P_z m/rob.godz	Czasowa C_z rob.min/m
150	2,85	21
185	2,70	22

RABOWANIE RUR Z TAM PODSADZKOWYCH

Czynności objęte normą:
1. Wycięcie desek w tamie i odkopanie rury.
2. Odłączenie rury w razie potrzeby.
3. Wyciągnięcie rur z podsadzki.

Obsada: 2 ludzi
Jednostka normowania: 1 sztuka rabowanych rur

Norma	
Produkcyjna P_z sztuk/rob godz	Czasowa C_z rob.min/sztuk
0,50	120

WYMIANA USZCZELEK

Czynności objęte normą:
1. Dodatkowe usztywnienie rurociągu rozporami.
2. Rozłączenie rurociągu.
3. Wymiana uszczelek.
4. Ponowne skręcanie rur śrubami i usunięcie dodatkowych rozpór w miarę potrzeby.

Obsada: 2 ludzi
Jednostka normowania: wymiana uszczelnienia 1 złącza

Norma	
Produkcyjna P_z złącze/rob.godz	Czasowa C_z rob.min/złącze
0,50	120

WSPÓŁCZYNNIKI

	dla norm P_z	dla norm C_z
1. Nachylenie rurociągu głównego po upadzie lub po wzniosie		
a. do 8°	1,00	1,00
b. powyżej 8° do 15°	do 0,90	do 1,11
c. powyżej 15° do 30°	do 0,80	do 1,25
d. powyżej 30° do 45°	do 0,75	do 1,34
e. powyżej 45° — normę ustalać jak w szybach i szybikach		
2. Mały przekrój wyrobiska lub przeszkody	do 0,80	do 1,25
3. Woda:		
a. stropowa gęstymi kroplami	do 0,90	do 1,11
b. stropowa nieprzerwaną strugą	do 0,80	do 1,25
4. Temperatura:		
a. 26° C	do 0,96	do 1,04
b. 27° C	do 0,92	do 1,09
c. 28° C	do 0,88	do 1,14
d. powyżej 28° C — czas pracy odpowiednio skrócony.		

Uwaga: Jeżeli iloczyn współczynników jest mniejszy niż 0,7, normy niniejsze nie obowiązują; wypadki takie wymagają odrębnego rozpatrzenia.

VIII. TAMY PODSADZKOWE

1. RODZAJE TAM PODSADZKOWYCH

Wyrobisko, które ma być podsadzone, musi być odgrodzone od reszty wyrobisk. Zadanie to spełniają tamy podsadzkowe. Zależnie od systemu wybierania danego pokładu wyróżnia się kilka rodzajów tam podsadzkowych.

W systemach zabierkowych stawia się tamy w chodnikach, z których jest dostęp do podsadzanego wyrobiska. Nazywają się one *tamami zabierkowymi* (chodnikowymi, rys. 61, 62). Tamy te są na ogół niewielkie, zależnie od przekroju chodnika od 6 do 20 m^2. Przekrój większy powstaje, gdy trzeba odbić spękane ociosy do zdrowej calizny.

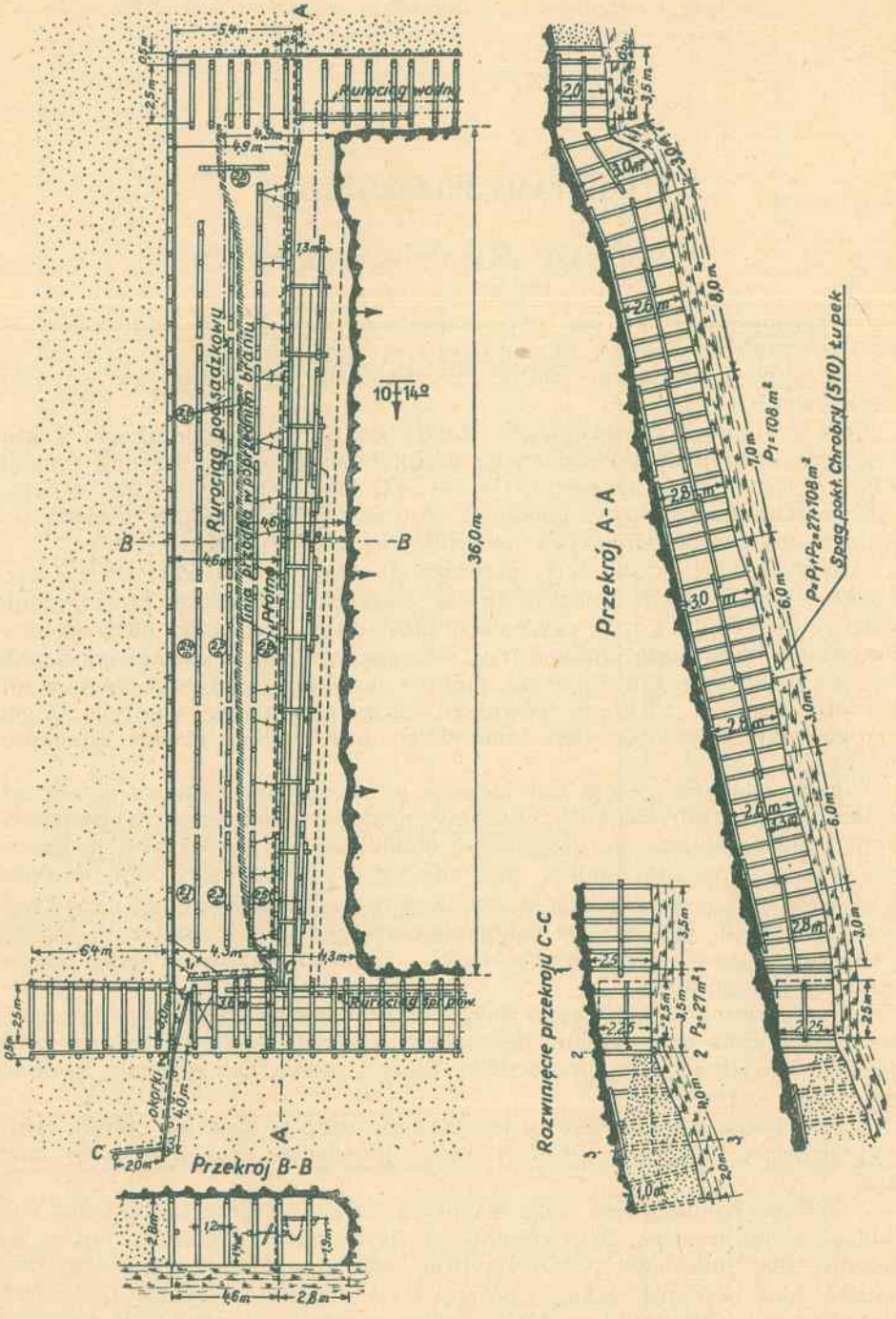
W systemach ścianowych odgradza się część wyrobiska z dwu, a niekiedy z trzech stron. *Tamy ścianowe* mają zatem większe powierzchnie obicia (120—250 m^2), przy czym część tamy od strony ociosu, gdzie się urabia węgiel, tzw. *tama czołowa* (rys. 60), jest wykonana zwykle odmiennie od *tam bocznych*, które tworzą jakby ociosy chodnika czy dowierzchni wydobywczej, a niekiedy również ociosy chodników wentylacyjnych i rurowych. Wysokość tam ścianowych jest zwykle równa wysokości ściany.

Tama czołowa spełnia swe zadanie w czasie podsadzania i potem tak długo, dopóki nie zostanie wybrany następny odcinek do podsadzenia. Tamy boczne służące do utrzymania chodników w piasku, trwają znacznie dłużej, a ponadto muszą niekiedy (np. w systemach poprzecznych) wytrzymywać jeszcze napór spowodowany podsadzaniem odcinków wyżej położonych. Dlatego też tamy czołowe buduje się znacznie słabiej i zwykle się je rozbiera, przynajmniej częściowo, natomiast tamy boczne trzeba wykonać mocno.

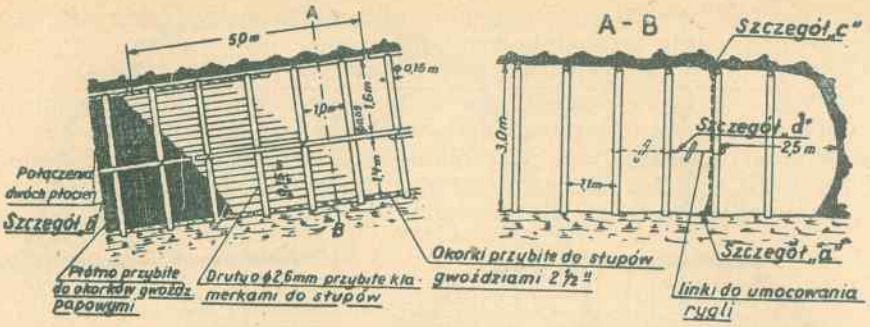
Przed wojną wykonywano zwykle tamy czołowe jako płócienne, podczas gdy boczne były tamami deskowymi. Obecnie — ze względu na brak płótna — wykonuje się przeważnie tamy z desek, co znacznie podnosi koszt tam ścianowych.

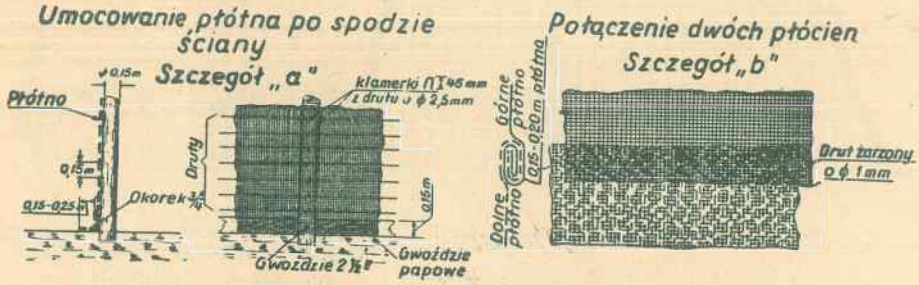
Przy podsadzaniu znane są jeszcze inne rodzaje tam, jak opinki, tamy wygradzające chodnik, czyli tzw. budy, przytamki oraz tzw. tamy siatkowe.

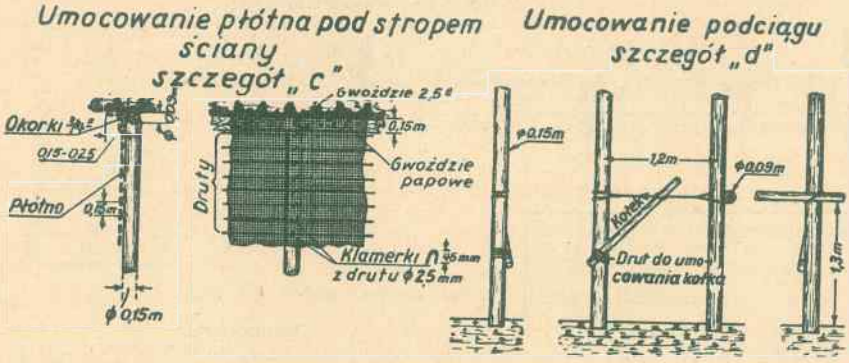
Opinka, podobnie jak tama ścianowa boczna, tworzy jakby ocios wyrobiska chodnikowego. Przy chodnikach naruszonych tąpaniami opłaca się głównie dla uniknięcia pożaru wybrać węgiel rozkruszony i odgrodzić opinką taki przekrój, jakiego potrzeba na chodnik, a resztę podsadzić. Jest to tzw. obmulanie ociosów, które w wielu przypadkach przynosi korzyść, gdyż zabezpiecza ociosy przed samozapaleniem się węgla, a także

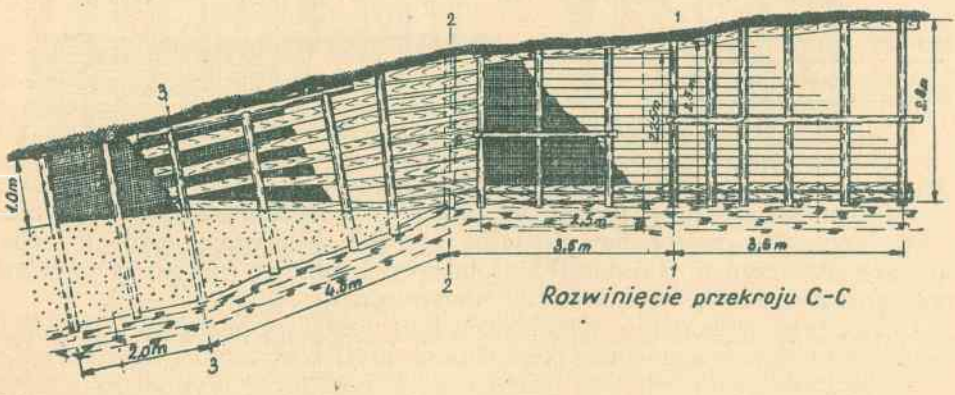


Rys. 60. Czołowa tama





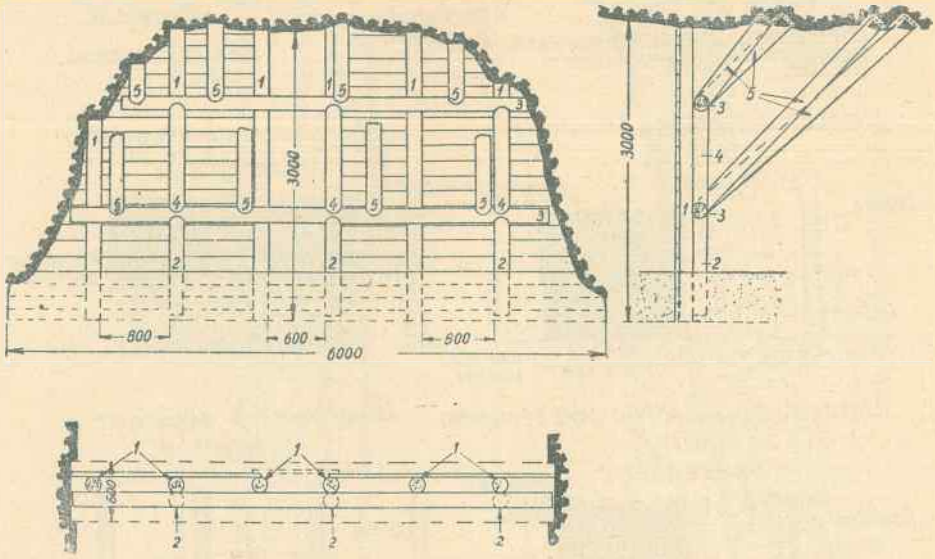




ścianowa płócienna

zwiększa bezpieczeństwo od wypadków obsunięcia się w razie wstrząsu większych brył węgla względnie kamienia.

Jeżeli zachodzi konieczność utrzymania wyrobiska chodnikowego w podsadzce, czy to ze względu na system wybierania (dla transportu węgla, przewietrzania, odprowadzania wody, założenia rur), czy też ze względów przeciwpożarowych (utrzymanie ważnego połączenia w zaognionych częściach), lub też dla zmniejszenia przekroju chodników naruszonych tąpaniami, pozostawia się sztuczne wyrobisko chodnikowe od ze-



Materiał

Drewno okrągłe			Deski	
sztuk	mb	suma	sztuk	m³
1	5	5	40	16
1	4	4		
6	3	18		
4	2,5	10		
2	1,5	3		
8	1	8		
22	Razem	48		

Oznaczenia:

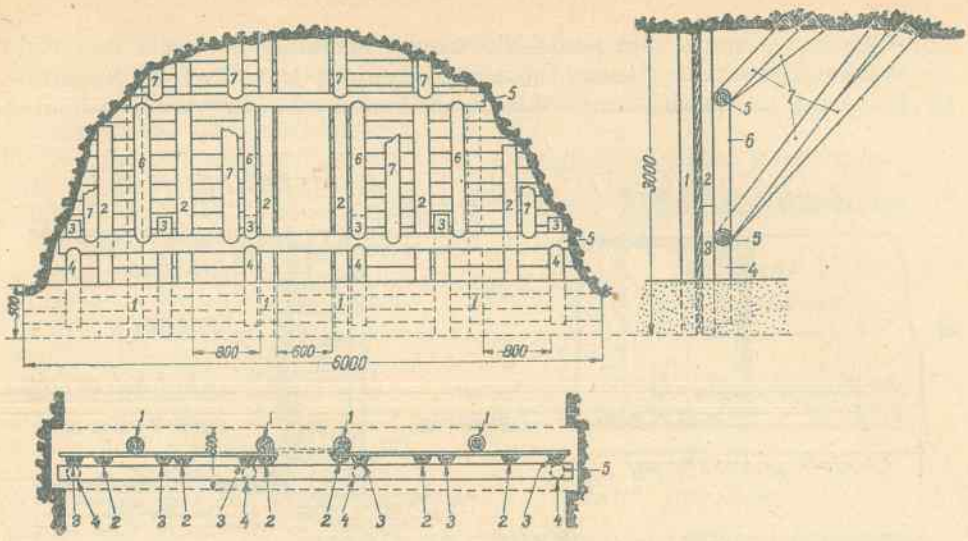
1 — Słupy
2 — Chłopki pod ryglami
3 — Rygle
4 — Chłopki między ryglami
5 — Zastrzały

Rys. 61. Tama zabierkowa, nierozbieralna (na piasku)

wnątrz podsadzone z trzech stron (dwa ociosy i strop), a niekiedy nawet z czterech stron (na wyższych warstwach). W tym celu stawia się tzw. *budy* (rys. 63), czyli połączone tamy z trzech względnie czterech stron, mające utworzyć w podsadzce wyrobisko chodnikowe (niektórzy używają na oznaczenie budy wyrażenia — obganianka).

Tak przy wykonaniu opinek jak i bud trzeba na początku i na końcu wykonać połączenia do mocnych ociosów, czyli tzw. *tamy skrzydłowe*.

Przytamką lub progiem nazywa się w podsadzce płynnej niewysoka tama (0,5 — 1 m) przy spodku chodnika, przeznaczona do ujęcia wody,



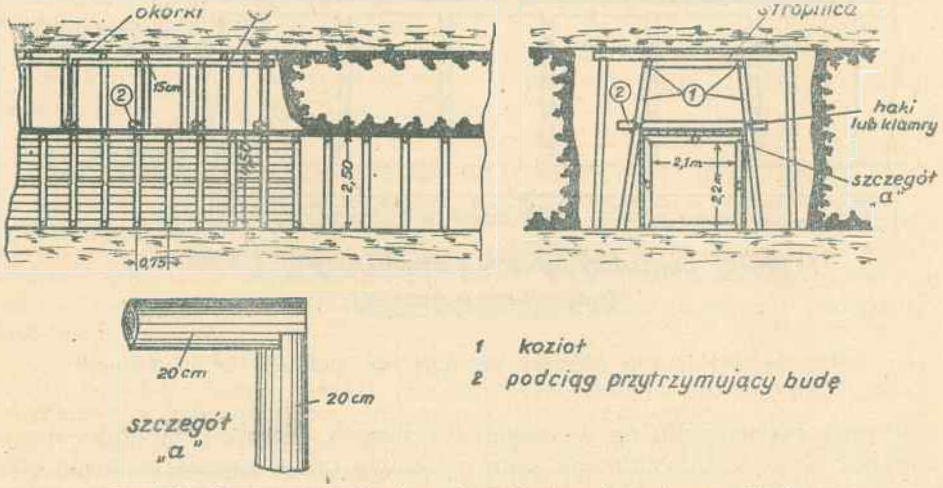
Materiał

Drewno okrągłe i połowice			Deski	
sztuk	mb	suma	sztuk	m²
1	5	5	40	16
1	4	4		
4	3	12		
6	2,5	15		
4	6	8		
6	1,5	9		
12	1	12		
34	Razem	65		

Oznaczenia:

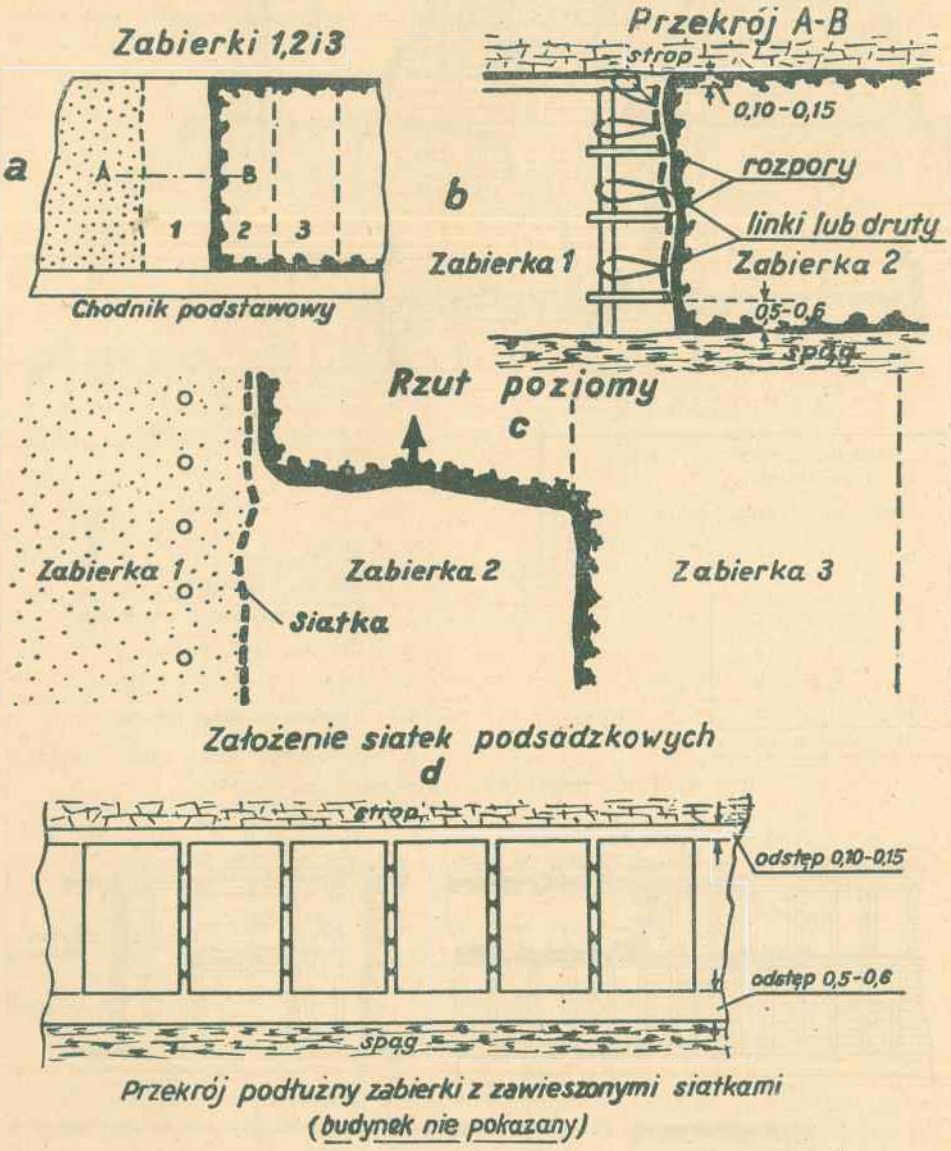
1 — Słupy
2 — Słupki z połowic
3 — Słupki wrębowe z połowic
4 — Chłopki pod ryglami
5 — Rygle
6 — Chłopki między ryglami
7 — Zastrzały

Rys. 62. Tama zabierkowa rozbieralna (na piasku)



Rys. 63. Tama wygradzająca chodnik tzw. buda (po spodku)

odprowadzonej spoza tam podsadzkowych względnie do ujęcia materiału podsadzkowego z przerywacza lub z nieszczelności tam. Zwykle wykonuje się przytamki w pobliżu tam właściwych. Przytamki odgrywają specjalną

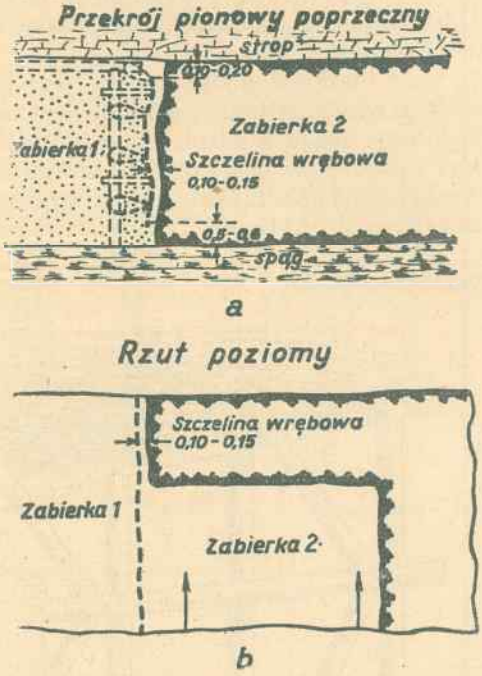


Rys. 64. Wybieranie zabierek bez nogi przy pomocy tam siatkowych

rolę przy podsadzaniu na wyższych warstwach. Wtedy przytamka ma za zadanie również zabezpieczyć tamę właściwą przed przedarciem się podsadzki spodem bądź z boku, pomiędzy stropem węgla a podsadzką dolnej

warstwy. Również na dowierzchniach pędzonych w wyższych warstwach należy w pewnych odstępach zabezpieczyć spodek dowierzchni przytamkami na wypadek przypadkowego dostania się wody na taką dowierzchnię (nieszczelność tam, uszkodzenia koryt odprowadzających wodę, rozerwanie rur, przetykanie rur).

Tamy siatkowe (opisane w Przeglądzie Górniczo-Hutniczym nr 7 i 10, 1935, przez prof. inż. F. Zalewskiego i inż. Michalewskiego) służą do umożliwienia wybierania węgla w następnej zabierce, bez pozostawienia nogi względnie płotu od strony zabierki podsadzanej. Wykonuje się je po stronie calizny węglowej, w odległości około 15 cm, z siatki drucianej, najczęściej sporządzonej z drutu starych wyżarzonych lin kopalnianych (rys. 64). W czasie podsadzania siatka nie odgrywa żadnej roli, dopiero przy wybieraniu następnej zabierki ma ona za zadanie utrzymać piasek podsadzki przed obsypywaniem się do wybieranego węgla.



Rys. 65. Wykonywanie wrębu pionowego przy pomocy tam siatkowych

Na kopalni Jowisz wykonywano również dla ułatwienia urabiania węgla wrąb pionowy (rys. 65) przez wymywanie piasku między ociosem a siatką w odległości 10 — 15 cm. Oczywiście stosowanie tego sposobu celem urabiania węgla w następnej zabierce jest możliwe przy dobrych warunkach stropowych i niewielkim ciśnieniu górotworu.

Jakkolwiek tamy siatkowe nie są właściwie tamami podsadzkowymi, to jednak należy o nich nie zapominać ze względu na cel i korzyści, jakie mogą oddać w pewnych okolicznościach.

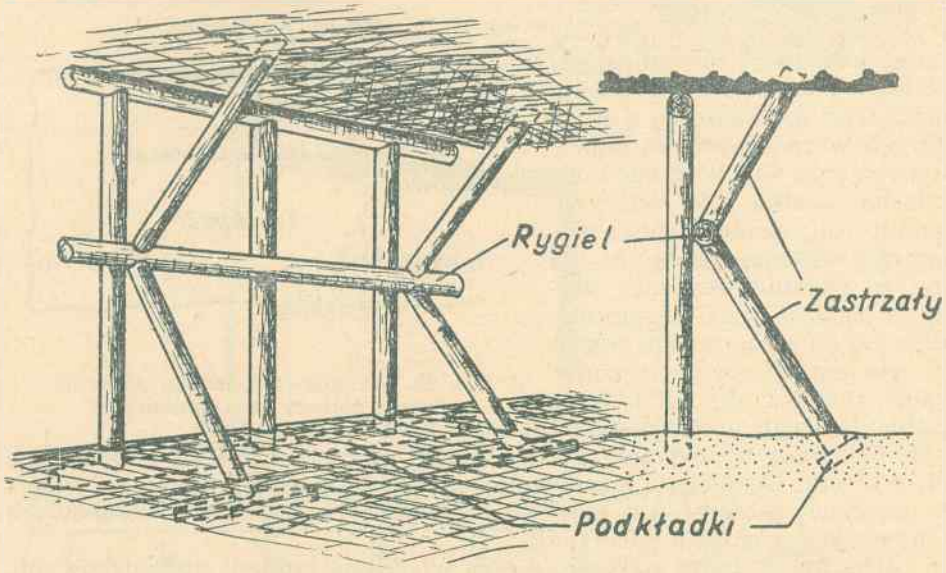
2. ZADANIE TAM PODSADZKOWYCH I ICH KONSTRUKCJA

Każda tama podsadzkowa spełnia w czasie podsadzania dwa zadania: Utrzymuje napór mieszaniny podsadzkowej i umożliwia odpuszczenie wody. Po podsadzeniu ma tama nie dopuścić do obsypania się podsadzki zarówno pod własnym ciężarem, jak również pod naciskiem górotworu.

Nacisk na tamę w czasie podsadzania zależy od charakterystyki materiału podsadzkowego. Jeżeli materiał jest dobry (np. czysty piasek kwarcowy), z którego łatwo oddziela się woda, nacisk na tamę nie jest wielki i można ją wykonać słabiej. Można wtedy przyjąć, że tama jest pod naciskiem pryzmy obsuwającej się podsadzki (osuszonej), której wielkość zależna jest od wielkości kąta naturalnego zsypu.

Doświadczenia prof. Budryka wykazały, że przy czystym piasku można jeszcze zmniejszyć napór na tamę przez pochylenie jej w kierunku skarpy piaskowej (aż do kąta 23° od pionu). Na przykład dla tamy ścianowej 3,5 m wysokiej parcie na 1 mb tamy spada wtedy z 2000 kg do $^1/_3$ tej wartości (Przegląd Górniczo-Hutniczy nr 11 — 12, 1929, inż. B. Krupiński).

Gdy materiał podsadzkowy jest gliniasty i woda trudno się z niego odsącza, wówczas tama narażona jest na znacznie większe ciśnienie. Wtedy należy się liczyć z parciem na tamę słupa półpłynnej podsadzki o wysokości zabierki (w poziomych zabierkach) względnie słupa równego różnicy wysokości od spodu tamy do najwyższego punktu w stropie zabierki (przy zabierkach pochyłych). Ten drugi przypadek zachodzi szczególnie jaskrawo przy osadnikach po wzniesieniu, gdzie tamy muszą być szczególnie silnie zbudowane.



Rys. 66. Stawianie tamy podsadzkowej na piasku

Każda tama podsadzkowa składa się zasadniczo z trzech części — ze słupów, obicia i rozparcia.

Słupy umieszcza się wprost pod calizną albo pod stropnicą, o ile wykorzystuje się stojaki obudowy przy stawianiu tamy. Gdy spodek jest twardy, wystarczy słupy umieścić w gniazdkach, jeżeli zaś jest miękki, należy zrobić w nim wrąb (wcios). Szczególnie jest to ważne przy tamach w wyższej warstwie (na podsadzce), gdzie kopie się 0,5 — 0,75 m głęboki wrąb w piasku i stawia się słupy na podkładach z desek, bądź na połowicach lub na stropnicach (rys. 66).

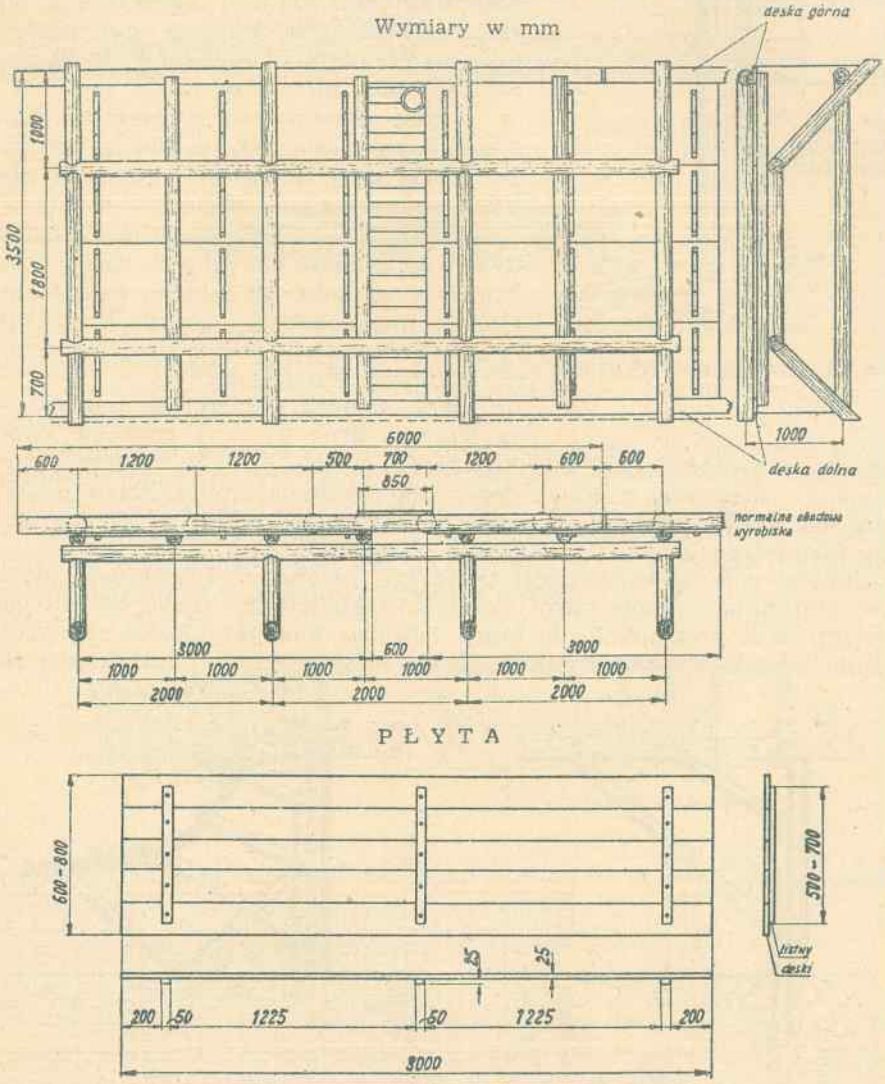
Wzajemna odległość słupów jest różna, zależna od rodzaju tamy: w tamach zabierkowych i chodnikowych zwykle od 0,5 — 0,8 m. Ociosy muszą być wyrobione do twardego górotworu.

Tamy podsadzkowe

Płytowa rozbieralna tama ścianowa

Projekt

Wymiary w mm



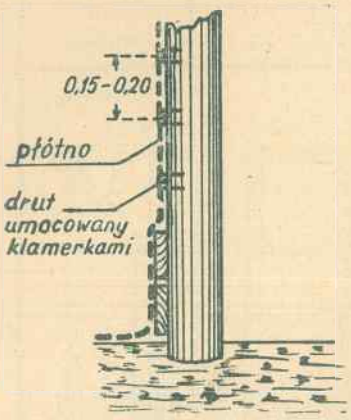
Materiał: drewno.

Wrzesień 1948.

Normy Górnicze Węglowe CZPW | NGW 1851 | Projekt

Rys. 67. Płytowa tama rozbieralna

Obicie wykonuje się przy tamach deskowych z desek o grubości 20 — 30 mm, zarówno obrzynanych, jak i nieobrzynanych, albo z okorków, przybijając je na słupy od strony zabierki przy tamach nierozbieralnych (rys. 61), bądź od strony zewnętrznej przy tamach rozbieralnych (rys. 62). Uszczelnianie obicia, zwłaszcza przy ociosach, wykonuje się albo przez przybicie kawałków desek (tzw. szkutowanie), albo z płótna.



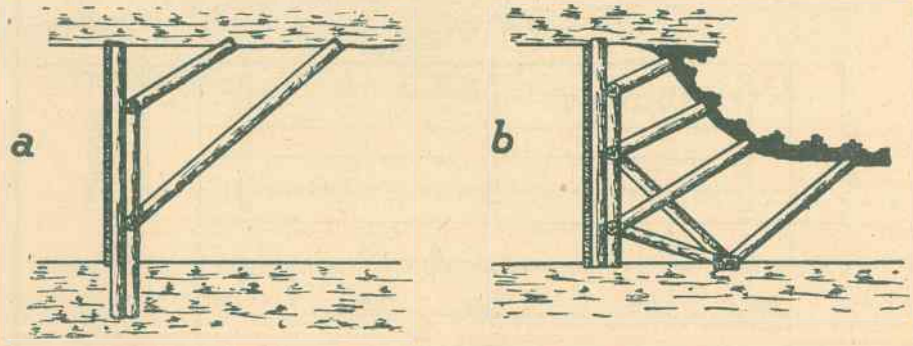
Rys. 68. Tama podsadzkowa z płótna jutowego

Jeżeli stosuje się rozbieralne tamy z desek przy ścianach, to obicie powinno być wykonane w postaci osobnych płyt, które opierają się na słupach (rys. 67).

Przy obiciu należy zwracać szczególną uwagę na grubość używanych desek i uzależnić ją od celu, do jakiego służy tama. Często niepotrzebnie stosuje się grube deski obrzynane, które są drogie i znacznie podnoszą koszt tamy.

Przy tamach płociennych rozciąga się na słupach drut 2 — 3 mm od strony podsadzki, przymocowując go klamrami co 15 — 25 cm oraz przybija się 2 — 3 rzędów cienkich desek dla przybicia płótna. Na to oparcie przychodzi płótno (rys. 68). Jeżeli tama jest na podsadzce, to wpuszcza się płótno głębiej do wrębu i przysypuje podsadzką.

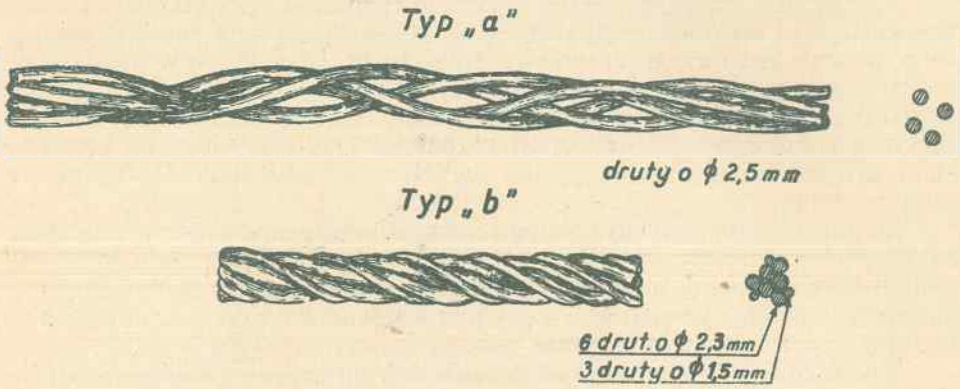
Główną rolę w konstrukcji tamy gra *rozparcie* (sztrabunek, ryglowanie) trzymające obicie tamy. Częściami składowymi rozparcia są *rygle* (podciągi) oraz prostopadłe do tamy *rozpory* albo też ukośne *zastrzały*. Zależnie od rodzaju tamy wykonuje się rozparcie mniej lub więcej zło-



Rys. 69. Rozparcie tamy chodnikowej
a — gdy spąg jest miękki, *b* — przy osadniku (silne umocowanie)

żone. Gdy tama jest w caliźnie, rygle umieszcza się w gniazdkach wykutych w ociosach, zastrzały natomiast daje się zarówno do stropu jak i do spągu. Jeżeli spodek jest miękki albo tama stoi na podsadzce, całe rozparcie musi być wykonane w ten sposób, ażeby nacisk skierować na strop (rys. 69), bądź do przeciwległego ociosu lub tamy.

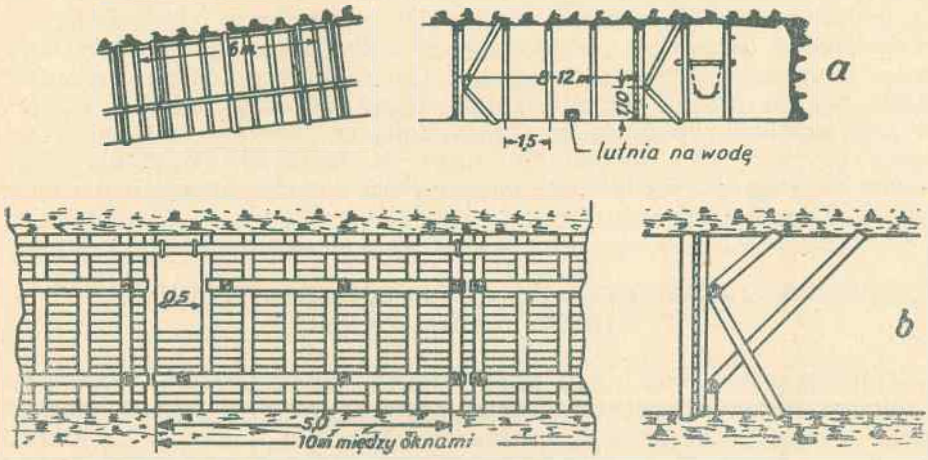
Można również przy dobrym materiale podsadzkowym w miejsce rozpór dawać *linki* (zwykle sploty starych przeżarzonych lin — rys. 70), umocowując rygle łącznie ze słupami do słupów stojących wewnątrz zabierki względnie wewnątrz podsadzanego odcinka na ścianie. Słupy te



Rys. 70. Linki do umocowania rygli i podciągów (szczegół do rys. 60)

w miarę podsadzania na tyle są unieruchomione, że stanowią silne zakotwienie dla rozparcia tamy. Linki stosuje się często przy tamach ścianowych i opinkach.

Rozparcie przy tamach ścianowych jest lekkie (rys. 71), w kształcie litery *K*, przy czym rygiel jest umocowany w ⅓ wysokości tamy (licząc od spodka), gdyż tu działa największe parcie.



Rys. 71. Rozparcie tam ścianowych
a — tamy czołowej zwykłej, b — tamy czołowej rozbieralnej

Przy tamach zabierkowych, które odgradzają zabierki wyższe niż wysokość tamy, największe parcie działa w obszarze ⅓ — ½ wysokości tamy. Dlatego też daje się tutaj dwa rygle. Między ryglami umieszcza się

krótkie słupki, tzw. chłopki, celem związania rozparcia górnego i dolnego węgla. Jeżeli tama chodnikowa względnie opinka jest wyższa niż 3—3,5 m, trzeba dać trzy rygle dla zapobieżenia możliwemu wygięciu się słupów.

Szczególnie starannie trzeba wykonać rozparcie przy stawianiu tamy wygradzającej chodnik, czyli tzw. budy. Należy poza tym zwrócić uwagę, że konieczne jest umocowanie zewnętrzne budy, gdyż łatwo w czasie podsadzania można ją skręcić bądź nawet przewrócić.

Nie wchodząc bliżej w szczegóły konstrukcyjne tam, należy podkreślić rolę solidnego wykonania ich rozparcia. Na ogół tamy są urządzeniem drogim, zatem trzeba je tak wykonywać, aby spełniały należycie swoje zadanie.

Zwykle robotę tam wykonują tamiarze z kategorii cieśli górniczych. Jakkolwiek można przyjąć, że wytrawny tamiarz z długoletnią praktyką dobrze wykona tamę, to jednak jest konieczne, aby dozór techniczny badał przystosowanie konstrukcji tamy pod względem typu i celu, do którego ma służyć oraz warunków, jakie istnieją w wyrobiskach.

Normalizacja typów tam, ustalenie ilości potrzebnego drewna, podanie wytycznych co do wykonania rozparcia, zwiększa wydajność tamiarzy i zmniejsza zużycie materiału na tamę, a przede wszystkim przyczynia się do uniknięcia marnotrawstwa materiału wynikającego z brania na oko nieodpowiedniej długości i grubości zarówno drewna okrągłego jak i tartego.

Zwiększenie wydajności przy budowie tam ma ogromny wpływ na szybkość wykonania tamy, a przez to skraca czas, jaki upływa od czasu ukończenia wybierania węgla do podsadzenia danej zabierki względnie odcinka ściany.

Należy również podkreślić znaczenie rozbierania tam wówczas, gdy tama jest krótkotrwała, jak np. na ścianie tama czołowa, lub w zabierce, gdy podsadzanie następnej zabierki likwiduje tamę przy poprzedniej (np. przy systemie filarowym podłużnym). W tych przypadkach należy tamę z góry budować z myślą o rozbieraniu. Chociażby nie udało się rozebrać całej tamy, to jednak samo tylko powtórne wykorzystanie jej rozparcia jest możliwe i przynosi znaczne obniżenie kosztów materiałowych. Można uzyskać przy rozbieraniu rozparcia tamy 30 — 40 % okrągłego drewna zużytego na jej budowę, co w całości kosztów materiału na tamę wynosi około 15 — 20 %.

3. URZĄDZENIA DO ODPUSZCZANIA WODY Z MIEJSC PODSADZANYCH

Odpuszczanie wody spoza tamy odbywa się częściowo przez nieszczelności w tamie względnie wprost przez płótno przy tamach płóciennych, a zasadniczo przez pozostawione okno w tamie o szerokości 0,5 — 0,6 m, które w miarę podnoszenia się podsadzki zabija się krótkimi kawałkami desek. Okno w tamie wystarcza do czasu zrównania się podsadzki z wysokością tamy. Jeżeli zabierka jest wyższa względnie jeżeli pędzona jest po wzniosie, wówczas potrzeba stosować odrębne odprowadzenie wody za pomocą lutni i kominów. Można uniknąć stawiania komina, gdy jest druga tama górna na wysokości stropu tamy dolnej (np w chodniku wyżej położonym), albo jeżeli buduje się wysokie tamy.

Lutnia podsadzkowa jest to drewniana, czworokątna rura, układana zasadniczo poziomo. Lutniami odprowadzana jest w podsadzce woda z podsadzania.

Komin jest to lutnia stawiana pionowo w podsadzanym wyrobisku i mająca w jednej lub dwu ściankach szczeliny, przez które przesącza się woda z podsadzki otaczającej komin.

Lutnia i komin są szczelne do poziomu podsadzki w zasięgu tamy dolnej, a tylko komin powyżej tego poziomu ma jedną ze ścian otwartą, zamykaną w miarę podnoszenia się podsadzki lub też ma szczeliny w jednej czy dwu ściankach.

Jeżeli komin stoi w wyrobisku, gdzie nie ma drugiego dostępu od strony tamy górnej, wtedy musi być całkowicie wykończony i wpierw obity ze wszystkich 4 stron. Jeżeli jest dostęp, obsługa w czasie podsadzania reguluje sobie sama wielkość szczelin i w miarę podnoszenia się mieszaniny podsadzkowej przybija tzw. klepki na otwartą ścianę komina, którym odpuszcza się wodę. Jest to możliwe przy dobrym materiale, gdy woda odsącza się natychmiast i można chodzić po podsadzce.

Lutnie i kominy stosowane w praktyce mają w świetle przekrój od 20 × 20 cm do 20 × 80 cm i są wykonane albo z desek — 30 mm — 40 mm, albo z połowic i desek.

Koniec komina wystający z tamy powinien być zawsze zaopatrzony w zasuwę, służącą do zamknięcia komina przy zakończeniu podsadzania lub w razie wypadku w czasie podsadzania, np. przedarcia się mieszaniny podsadzkowej do komina.

4. ZUŻYCIE MATERIAŁÓW I KOSZTY TAM PODSADZKOWYCH

Kilka danych praktycznych zorientuje najlepiej o kosztach tam podsadzkowych i wydajności przy ich budowie.

Do zbudowania tamy zabierkowej o powierzchni 10 — 22 m^2, włączając w to potrzebne kominy, zużywa się przeciętnie na 1 m^2 tamy:

okrąglaków — 1,25 sztuk o długości ~ 3,25 m (w czym — 60% stanowi rozparcie); tarcicy — 1,5 sztuk desek okorkowych 26 mm o długości ~ 5 m.

Po przeliczeniu na m^3 otrzyma się ~ 2 m^3 drewna na 1 tamę przy średniej wielkości 16 m^2, w czym — 60 % stanowi drewno okrągłe, ~ 30 % obicie, i ~ 10 % drewno zużyte na kominy (26 mb na jedną tamę) i przytamki.

Przy cenach przedwojennych drewna koszt całkowity materiału do takiej tamy wynosił około 6,00 zł/m^2.

Przy wydajności 2—4 m^2/dniówkę wynosił koszt całkowity tamy ~ 8—9 zł/m^2. Przy małej wydajności (~ 1 m^2) i nieznormalizowanym wykonaniu koszt łatwo się podwajał.

Przejście z desek 26 mm na 20 mm daje obniżkę w zużyciu materiałów ~ 7%, a w kosztach ~ 13%.

Podobne liczby dla tamy ścianowej 4 m wysokiej o powierzchni 170 m^2 (w czym tamy boczne deskowe ~ 30%, a czołowe z płótna 70%), przy wykorzystaniu stojaków w obudowie są następujące na 1 m^2 tamy:

0,50 sztuk okrąglaków o średniej długości 3,30 m,

0,50 sztuk desek okorkowych po ~ 5 m długości,

0,70 mb płótna (podwójnie składane 1,5 m szerokości).

Na całą tamę wymienionej wielkości potrzeba ~ 6,7 m^3 drewna, w czym ~ 70% stanowią okrąglaki, ~ 30% deski, łącznie z korytami względnie lutniami do odprowadzenia wody.

Przy cenach przedwojennych przeciętny koszt materiału wynosił ogółem ~ 2,6 zł/m^2 tamy, a przy wydajności 6 — 8 m^2/dniówkę koszt ogólny 1 m^2 tamy wynosił ~ 3,6 — 4,0 zł. Oczywiście przy wydajności ~ 4 m^2 na dniówkę i nieodpowiednim gospodarowaniu materiałem podnosił się szybko koszt o 50 — 60 %.

Przejście z desek 26 mm na 20 mm daje obniżkę kosztów ogółem około 10 %.

Przeciętny koszt samej tamy płóciennej wynosił 3 zł/m^2, czyli ~ 1/3 kosztu tamy deskowej zabierkowej. Koszt tam bocznych deskowych wynosił 5 zł/m^2, czyli około 2/3 kosztów tam deskowych zabierkowych.

Dla zdania sobie sprawy z wydajności przy budowie tam i kosztów różnych tam podsadzkowych przytoczę kilka liczb w skali całej kopalni (szyb W kopalni G).

Dla podsadzenia około 1 265 000 m^3 wykonano:

tam	2310 sztuk,	w czym 46% płóciennych,
opinek	380 sztuk,	
przytamek	1250 sztuk,	
bud	37 sztuk.	

Ogólna powierzchnia obicia wynosiła 67 300 m^2; do tego dochodziła potrzebna ilość lutni i kominów, koryt i przytamek do odprowadzenia wody. Wykonane obicie ogółem przypadało na ~ 1800 miejsc podsadzania, z czego 73% stanowiły zabierki względnie ściany, a 27% korki, opinki i budy.

Przepracowano przy tych tamach	17 300 dniówek
Koszt ogólny wynosił, (w czym robocizna 51%)	332 000 zł
Wydajność przeciętna wynosiła	3,90 m^2/dn.
Zużyto podsadzki na 1 m^2 tam	18,80 m^3
Koszt ogólny 1 m^2 wyniósł	4,94 zł

w tym materiały 2,42 zł, a robocizna 2,52 zł.

Przeliczając powyższe dane na 1000 m^3 podsadzki otrzymuje się:

obicia tam	53 m^2
dniówek tamiarskich	13.7
koszt tam	262 zł

w czym materiały 128 zł (w tym 84% drewno i 16% inne materiały) oraz robocizna 134 zł.

5. UWAGI O GOSPODARCE PRZY ROBOTACH TAMIARSKICH

Dotychczas jeszcze na niektórych kopalniach istnieję taka organizacja robót tamiarskich, że tamy budują cieśle, należący do danego oddziału sztygarskiego, podczas gdy wykonywać je powinny w całej kopalni osobne drużyny tamiarzy podlegające jednemu oddziałowi podsadzkowemu.

Nie ulega wątpliwości, że utworzenie drużyny tamiarskiej daje cały szereg korzyści jak:

a. Tamiarze stale zajęci przy stawianiu tam nabierają większej zręczności w budowaniu tam oraz zaznajamiają się z różnymi warunkami pracy, dzięki czemu wydajność ich jest większa.

b. Dozór ma ułatwioną kontrolę gotowości zabierki do podsadzania. Istnieje poza tym lepsza możliwość rozplanowania robót podsadzkowych w całej kopalni.
Również kontrola roboty i zużycia materiałów dokonywana przez jeden oddział podsadzkowy jest skuteczniejsza od dokonywanej przez kilka oddziałów.
c. Oddział podsadzkowy może łatwiej wprowadzić budowę tam odpowiadających potrzebom podsadzania.
d. Oddział podsadzkowy potrafi rzucić od razu więcej wykwalifikowanych ludzi w razie nagłej potrzeby szybkiego zbudowania tamy (pożar, groźba zawału).

Ujemnymi stronami osobnej drużyny tamiarskiej są: konieczność uzgadniania czasu rozpoczęcia budowy tam i czasu podsadzania oraz powstawanie nieporozumień na tle zużywania drewna, a szczególnie desek (dwóch gospodarzy w jednym oddziale). Jednakże odpowiednia organizacja co do zgłaszania czasu budowy tam i rozmieszczenia na dole potrzebnych materiałów usuwa łatwo te trudności.

Na przykładowej kopalni zorganizowanie takiego oddziału w stosunkowo krótkim czasie dało w wyniku przeszło 3,5-krotne podniesienie wydajności przy budowie tam i 50% obniżenia kosztów tam.

Wytyczne gospodarki ruchowej przy tamach można ująć w następujący sposób:

a. Tamy powinny być budowane w całej kopalni przez specjalne drużyny tamiarskie pod kierownictwem wyspecjalizowanego technika górniczego.
b. Budowa tam powinna być na każdej kopalni znormalizowana i drużyny tamiarskie powinny otrzymywać dokładną instrukcję i schemat budowy danej tamy oraz zadaną normę. Odbierka roboty powinna nastąpić bezpośrednio po ukończeniu tamy.
c. Tamy powinny być budowane co do swej mocy zależnie od potrzeb podsadzania i od czasu, który mają przetrwać, zanim nastąpi ostateczna likwidacja danego odcinka pola.
d. Przy tamach krótkotrwałych (szczególnie ścianowych) należy dążyć do wprowadzenia tam rozbieralnych. Jest to szczególnie ważne obecnie, kiedy z braku odpowiedniego płótna istnieje konieczność budowy tam z drogich desek. Jeśli nawet obicie tamy musi pozostać, to rozbieranie rozparcia tam powinno być z reguły przeprowadzane.
e. Powinno się używać znormalizowanych lutni drewnianych do odpływu wody, koryt a nawet częściowo kominów i wykonywać je na powierzchni w warsztatach stolarskich według szkiców, w odcinkach przydatnych do transportu. Przygotowywanie bowiem tych urządzeń na dole prowadzi zwykle do marnotrawstwa materiałów. Na dole powinno się tylko składać odcinki na potrzebną całość.
f. Tamy na podsadzce, w wyższych warstwach, powinno się budować szczególnie dokładnie. Każdą tamę należy zabezpieczyć przytamkami celem uniknięcia jej podmulenia, szczególnie gdy woda spada z większej wysokości. Również wszelkie chodniki pochyłe na podsadzce powinny być zabezpieczone przytamkami utrzymywanymi stale w należytym stanie.
g. Należy ciągle prowadzić dokładną kontrolę kosztów i wydajności robót oraz kontrolę zużycia materiałów w poszczególnych rodzajach tam, by mieć stale podstawę do wprowadzenia ulepszeń.

6. NORMY PRACY TAMIARZY PODSADZKOWYCH

Pracę tamiarzy normuje stosowana obecnie norma tymczasowa NPGW 11 881, której wytyczne są następujące:

UWAGI OGÓLNE

Przy robotach uwzględnione są następujące warunki:

1. Przy tamach zabierkowych, ścianowych, tamach bocznych na ścianach i przy tamach stawianych na piasku obowiązują następujące współczynniki:

	dla norm	
	P_z	C_z
a. głębokość wciosów (wrębów) do 0,6 m	do 0,90	do 1,11
b. głębokość wciosów powyżej 0,6 — 1,0 m	do 0,85	do 1,18

2. Procent zawartości gliny w materiale podsadkowym podają kopalniom zjednoczenia rejonowe na podstawie analizy.

U w a g a : Jeżeli iloczyn współczynników jest mniejszy niż 0,7, nie obowiązują niniejsze normy; przypadki takie wymagają odrębnego rozpatrzenia.

BUDOWANIE TAM ZABIERKOWYCH I CHODNIKOWYCH

Czynności objęte normą:

1. Przygotowanie miejsca pod tamę przez obrywkę, wyrównanie ociosów oraz stropu.
2. Przygotowanie wciosów.
3. Kucie gniazdek.
4. Przygotowanie materiału.
5. Przycinanie i stawianie słupów.
6. Ryglowanie tamy i zakładanie rozpór oraz zastrzałów.
7. Przybijanie desek i uszczelnianie.
8. Zakładanie i łączenie koryt odpływowych.

Obsada:

Szerokość tamy m	Ludzi
do 2,50	2
powyżej 2,50	3

Jednostka normowania: 1 m^2 tamy

Wysokość tamy m	Ilość rygli	Norma	
		Produkcyjna P_z m^2/rob godz	Czasowa C_z rob.min m^2
do 2	1 lub bez	0,60	100
powyżej 2 do 3	1 do 2	0,75	80
powyżej 3 do 4	2	0,90	67
powyżej 4	3	0,75	80

Współczynniki:

	dla norm	
	P_z	C_z
1. Tamy po rozciągłości dolne		
Upad		
a. od 5 do 10°	do 0,90	do 1,11
b. powyżej 10 do 20°	do 0,80	do 1,25
c. powyżej 20°	do 0,60	do 1,66
2. Tamy przy materiale podsadzkowym o zawartości gliny lub kurzawki		
a. od 15 do 25%	do 0,85	do 1,18
b. powyżej 25%	do 0,75	do 1,33
3. Tamy na zabierkach powyżej 6 m szerokości i 3 m wysokości	do 1,10	do 0,91

BUDOWANIE TAM ŚCIANOWYCH CZOŁOWYCH

Czynności objęte normą:

1. Przygotowanie miejsca pod tamę przez wyrównanie stropu.
2. Wykonanie wciosów w spągu.
3. Przygotowanie materiału.
4. Przycinanie i stawianie słupów.
5. Transport materiału z odległości do 50 m od przodka i uszczelnianie tamy deskami, płytami bądź płótnem.
6. Ryglowanie i zakładanie (lub wiązanie drutem) rozpór oraz zastrzałów.

Obsada: zespół — 3 ludzi

Jednostka normowania: 1 m^2 tamy

Wysokość tamy m	Ilość rygli	Norma	
		Produkcyjna P_z m^2/rob. godz	Czasowa C_z rob. min/m^2
do 1,5	1	1,25	48
powyżej 1,5 do 2,5	1 do 2	1,40	43
powyżej 2,5 do 3,5	2	1,15	53
powyżej 3,5 do 4,5	3	1,00	60

Współczynniki:

	dla norm	
	P_z	C_z
1. Tamy przenośne z płyt deskowych	1,20	0,83
2. Tamy z płótna	1,15	0,87
3. Tamy po rozciągłości	od 1,20	do 0,83

BUDOWANIE TAM ŚCIANOWYCH BOCZNYCH

Czynności objęte normą:

1. Przygotowanie miejsca pod tamę przez obrywkę, wyrównanie ociosów oraz stropów.
2. Przygotowanie wciosów.
3. Kucie gniazdek.
4. Przygotowanie materiału.
5. Branie miary, przycinanie i stawianie słupów.
6. Ryglowanie tamy i zakładanie rozpór oraz zastrzałów.
7. Przybijanie desek i uszczelnianie.
8. Zakładanie i łączenie koryt odpływowych.

Obsada: zespół — 3 ludzi
Jednostka normowania: 1 m^2 tamy

Wysokość tamy m	Ilość rygli	Norma	
		Produkcyjna P_z m^2/rob.godz	Czasowa C_z rob.min/m^2
do 2	1 lub 2	0,50	120
powyżej 2 do 3	1 lub 2	0,65	92
powyżej 3 do 4	2	0,70	87
powyżej 4	3	0,60	100

Współczynniki:

	dla norm	
	P_z	C_z
1. Tamy po rozciągłości dolne Upad		
a. od 5^0 do 10^0	do 0,90	do 1,11
b. powyżej 10^0 do 20^0	do 0,80	do 1,25
c. powyżej 20^0	do 0,60	do 1,65
2. Tamy przy materiale podsadzkowym o zawartości gliny lub kurzawki		
a. od 10 do 25%	do 0,85	do 1,18
b. powyżej 25%	do 0,75	do 1,33

BUDOWANIE PRZYTAMEK

Czynności objęte normą:

1. Przygotowanie miejsca pod przytamkę.
2. Wykonanie ociosów dla ustawienia przytamki.
3. Przygotowanie materiału.
4. Przycinanie i ustawianie słupów.
5. Ryglowanie przytamki i zakładanie rozpór.
6. Przybijanie desek i uszczelnianie.

Obsada: zespół — 2 ludzi
Jednostka normowania: 1 m^2 przytamki

Rodzaj przytamki	Ilość rygli	Norma	
		Produkcyjna P_z m^3 rob.godz	Czasowa C_z rob.min/m^3
1. z pojedynczym obiciem słupów deskami	1	1,00	60
2. z podwójnym obiciem deskami i środkiem wypełnionym piaskiem lub gliną	1	0,85	118

BUDOWANIE TAM WYGRADZAJĄCYCH CHODNIK, CZYLI TZW. BUD

Buda zwykła powstaje przez wygrodzenie chodnika w podsadzce, bez stawiania odrzwi, lecz przez wykorzystanie stojaków obudowy do przybicia do nich deskowania.

Buda odrzwiowa powstaje przez wygrodzenie w podsadzce chodnika zbudowanego z odrzwi obitych deskowaniem.

1. Wiązania odrzwi przycięte na powierzchni.
2. Odrzwia wykonane na powierzchni i w stanie gotowym opuszczane na dół.
3. Odstęp między odrzwiami od 0,8 do 1,0 m.

Zwykła buda

Czynności objęte normą:

1. Stawianie słupów.
2. Wykonanie wciosów.
3. Przybijanie desek i uszczelnianie.
4. Ryglowanie.

Obsada: 2 ludzi

Jednostka normowania: 1 m^2 tamy

Norma	
Produkcyjna P_z m^2/rob.godz	Czasowa C_z rob.min/m^2
0,52	120

Odrzwiowa buda

Czynności objęte normą:

1. Ustawianie odrzwi i ich tymczasowe umocowanie.
2. Wykonanie wciosów dla obicia deskowego.
3. Zakładanie podciągów pod odrzwia pełne.
4. Obicie drzwi deskami i płótnem.
5. Ryglowanie.

Obsada: 3 ludzi

Jednostka normowania: 1 sztuka odrzwi z obiciem

I. Odrzwia zwykłe

Przekrój chodnika w świetle obudowy m^2	Norma	
	Produkcyjna P_z sztuk/rob.godz	Czasowa C_z rob.min/sztuk
do 4,2	0,20	300
powyżej 4,2 do 6,5	0,18	330

II. Odrzwia pełne

Przekrój chodnika w świetle obudowy m^2	Norma	
	Produkcyjna P_z sztuk rob godz	Czasowa C_z rob.min/sztuk
do 4,2	0,19	316
powyżej 4,2 do 6,5	0,17	353

UKŁADANIE LUTNI I KOMINÓW PODSADZKOWYCH

Gotowe lutnie i kominy wykonane z desek

Czynności objęte normą:

1. Przymocowanie poprzeczek dolnych do stojaków.
2. Ułożenie lutni lub kominów na poprzeczkach, połączenie ich, uszczelnienie i umocowanie.
3. Boczne umocowanie lutni.

Obsada: 2 ludzi

Jednostka normowania: 1 m lutni lub komina

Norma	
Produkcyjna P_z m/rob.godz	Czasowa C_z rob.min/m
2,0	30

UKŁADANIE KORYT PODSADZKOWYCH

Czynności objęte normą:

1. Przygotowanie miejsca pod koryta.
2. Układanie koryt według spadku.
3. Łączenie i uszczelnianie koryt.
4. Podsypanie i umocowanie koryt.

Obsada: 2 ludzi

Jednostka normowania: 1 m koryta

Norma	
Produkcyjna P_z m/rob.godz	Czasowa C_z rob.min/m
2,5	24

IX. PODSADZANIE

1. PRZYGOTOWANIE MIEJSC PODSADZANYCH I SPOSOBY PODSADZANIA

Przeprowadzenie podsadzania zależy w pierwszym rzędzie od rodzaju materiału podsadzkowego i od sposobu przygotowania miejsca, które ma być podsadzone.

Przygotowanie do podsadzania zabierki bądź odcinka na ścianie polega na odpowiednim zabudowaniu rur, postawieniu w dobrym miejscu solidnej tamy i takim umieszczeniu urządzeń do odpuszczania wody (okna w tamach, lutnie, kominy) w stosunku do wylotu rur podsadzkowych, żeby podsadzanie mogło się odbywać sprawnie i co najważniejsze, żeby nastąpiło szczelne podsadzenie wyrobiska. Dokładne podsadzenie jest tym trudniejsze, im mniejszy jest upad pokładu, im większe jest wyrobisko do podsadzenia, im większe są nierówności stropu, im gęstsza jest mieszanina podsadzkowa oraz im mniejsza jest prędkość wyrzutu mieszaniny podsadzkowej z rurociągu.

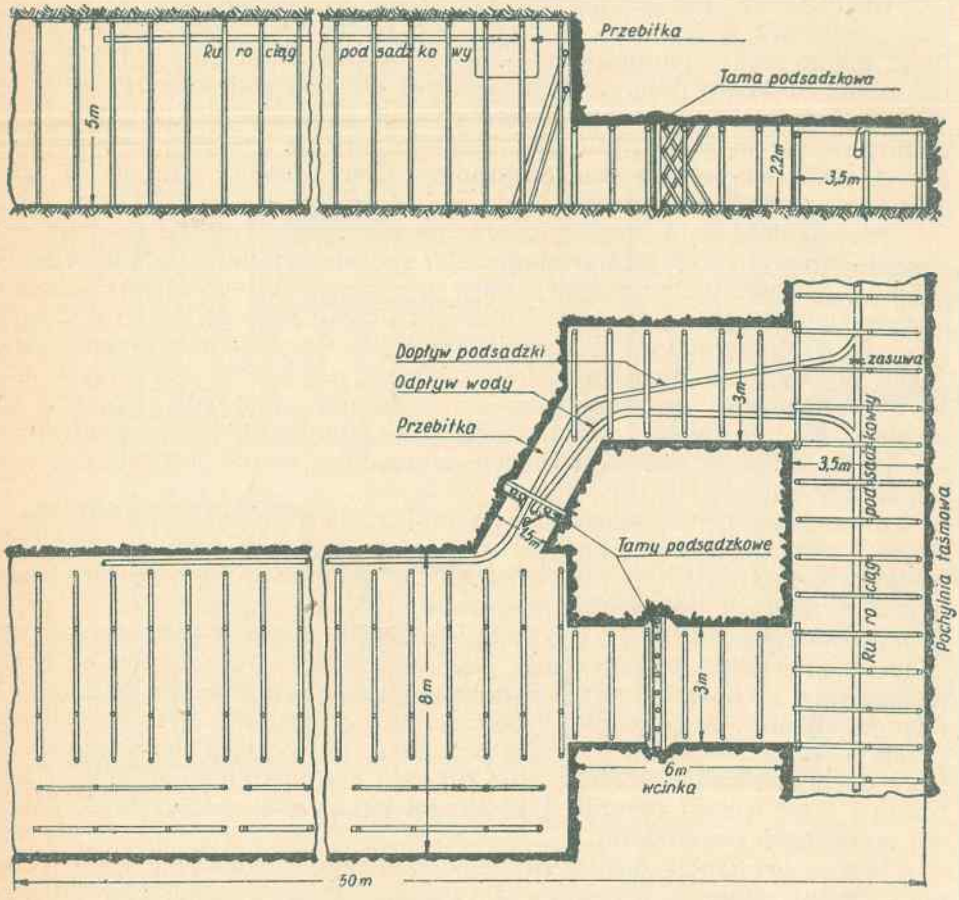
Odpowiednio przygotowane miejsce podsadzania powinno umożliwiać podsadzanie bez przerwy. Wszelkie przerwy w podsadzaniu, czy to dla skierowania rurociągu w odpowiednią stronę, przedłużania go lub skracania, czy też dla poprawienia tamy bądź kominów, pociągają za sobą nie tylko stratę czasu, ale zwiększają ilość wody opuszczanej na dół przy każdorazowym przepłukiwaniu rurociągu przed puszczeniem w ruch i po zatrzymaniu podsadzania.

Utrzymanie ruchu bez przerw jest bardzo trudne, zwłaszcza przy podsadzaniu długich pasów bądź odcinków ścian po rozciągłości lub w poziomie, zmuszającym zwykle do skracania, a co najmniej do rozpinania rurociągu w czasie podsadzania.

Najwygodniejsze do podsadzania są zabierki lub odcinki ścian po wzniesieniu, zwłaszcza gdy mieszanina podsadzkowa dopływa do wyrobisk rurami doprowadzonymi w najwyższym punkcie pod stropem chodnika wyżej położonego.

Rodzaj materiału podsadzkowego ma szczególny wpływ na sposób wykonywania podsadzki. Jeżeli materiał jest dobry i odsącza wodę bezpośrednio, to podsadzanie może się odbyć bez przeszkód. Jeżeli natomiast materiał jest gliniasty, który trudno oddaje wodę, a ponadto woda unosi z sobą dużo zawiesiny, są trudności w podsadzaniu. Pomijając to, że tama w takim przypadku musi być silniej wykonana, podsadzkarze nie mogą swobodnie poruszać się w zabierce w czasie podsadzania, a ponadto woda unosząc z sobą dużo szlamu zapełnia nim w bardzo szybkim tempie wszelkie ścieki, osadniki, a nawet zamula chodniki wodne i wywołuje trudności w odwadnianiu.

Na niektórych kopalniach przy podsadzaniu zabierek praktykuje się przy złym materiale *podsadzanie z przerwami*. Przerwy te trwają niekiedy całą dobę, by dać możność osadzenia się szlamu w zabierce. To rozkładanie podsadzania, zwłaszcza przy zabierkach dużych (800—1500 m^3), gdy strop stoi za długo otwarty, może doprowadzić nawet do zawału w czasie podsadzania, a przede wszystkim przeszkadza obłożeniu sąsiedniej zabierki. Stosowanie tego sposobu podsadzania w warstwach



Rys. 72. Podsadzanie przez przebitkę

wyższych może być szczególnie niebezpieczne, gdyż w razie nasycenia się wodą podsadzki dolnej warstwy może łatwo nastąpić wymulenie w najmniej przewidzianym miejscu.

Niezależnie od tego nie można uniknąć powtórnego oczyszczania wody, gdyż jest ona mimo wszystko mniej lub więcej brudna. Nawet najlepszy materiał oddaje wodę zanieczyszczoną i istnieje konieczność oczyszczania jej przed puszczeniem pod pompy. Nie należy zatem przy podsadzaniu zabierek w polu roboczym robić z nich osadników, lecz

przydzielić tę czynność właściwym osadnikom, których odpowiednia pojemność powinna zabezpieczyć ciągłość podsadzania. Jest to również zgodne z postulatem jak największej koncentracji robót.

W zabierkach poziomych względnie odcinkach ścian, gdzie wymagane jest skracanie rur w czasie podsadzania, a szczególnie gdy wyrzut zamułki z rur jest słaby (mały rozporządzalny spadek hydrauliczny), trzeba używać rur jak najlżejszych, najlepiej wysłużonych dostatecznie w głównych rurociągach.

Obsługa do podsadzania zabierki składa się zwykle z 2 do 3 ludzi. Rury używane w zabierce powinny być zatem tak lekkie, żeby dwóch ludzi mogło nimi manipulować. Rury te wystarczy spiąć 2 do 3 śrubami, przez co łatwo dają się odpiąć nawet podczas podsadzania. W razie gorszego materiału, gdy nie można chodzić bezpośrednio po podsadzce, odpina się razem kilka rur i na to miejsce daje się koryta z cienkich desek do dalszego przenoszenia mieszaniny. Cierpi jednak na tym na ogół szczelność podsadzania.

Przy podsadzaniu długich pasów po rozciągłości zapina się rury po stronie calizny, za stojakami obudowy i pozostawia się je w czasie podsadzania, rozpinając w odpowiednich miejscach. Po wybraniu nowego odcinka wykopuje się te rury z piasku i przenosi na górny ocios nowej zabierki. Opisany sposób jest wygodny, ale łatwo przy nim o stratę rur. Jeżeli po wybraniu nogi czy płotu zabierka jest trudna do utrzymania, to niebezpiecznie jest zajmować się wykopywaniem rur z piasku ze względu na możliwość zawału, szczególnie gdy wysokość zabierki sięga 4,5—6 m. Przy tego rodzaju robocie szczególnie ważne jest, żeby w zabierce używać lekkich rur.

Stosowanie rur ze specjalnym zamkiem do szybkiego łączenia (znane w podsadzce dmuchanej) jest wprawdzie wskazane, ale niewygodne, bo wprowadza nowy typ rur do kopalni, a ponadto wobec częstych strat rur w zabierkach jest bardzo kosztowne.

W zabierkach długich i poziomych, gdzie w czasie podsadzania zachodzi konieczność wykonywania pewnych robót z rurociągiem, a brak jest dostępu z chodnika wyżej położonego, musi być zrobiony osobny dostęp do zabierki. W sąsiedniej zabierce robi się wdzierkę (rys. 72) i z niej przebija się pod stropem w nodze przecinkę, przez którą doprowadza się rury do podsadzanej zabierki, albo też robi się wcinkę do następnej zabierki i z tej wcinki ukośnie, pod ostrym kątem robi się przebitkę rurową do zabierki poprzedniej.

Można też zrobić dostęp przez odpowiednie postawienie tamy przy podsadzanej zabierce. Wykonuje się wówczas tamę wysoką (rys. 73) pod pierwszą stropnicą na zabierce *a* albo nadaje tamie wysokiej kształt rzymskiej piątki *b* opierając jej skrzydła o ociosy na wdzierce.

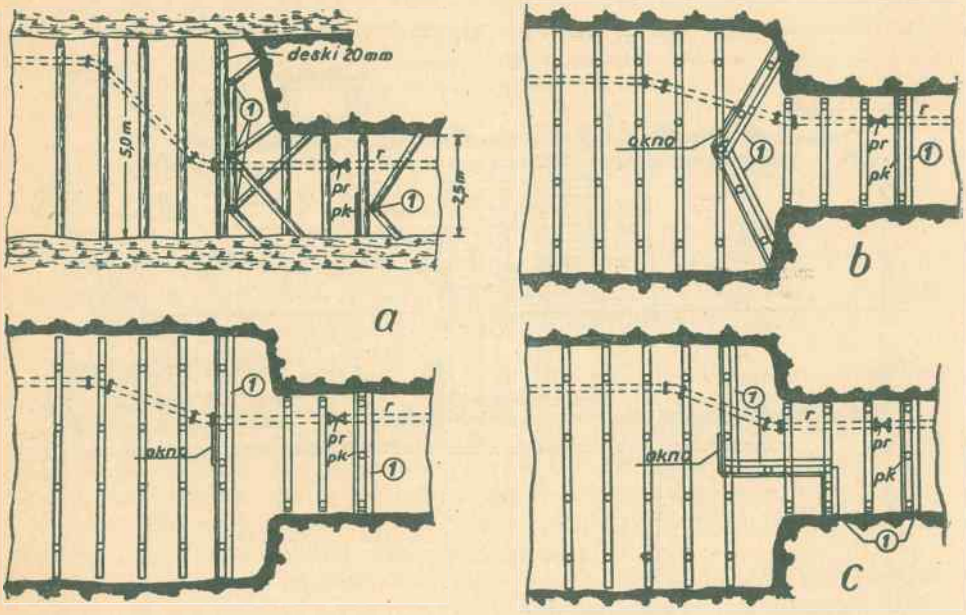
Można również tamę *c* wykonać w kształcie litery Z, w jednej części jako tamę niską chodnikową, a w drugiej części jako wysoką. Zależy to od warunków miejscowych, a szczególnie od stanu ociosów na wdzierce. Rurociąg przechodzi wtedy przez tamę i zwykle budowa kominów do odprowadzenia wody jest zbędna.

Zabierki o mniejszych wymiarach, gdzie do całkowitego podsadzenia wystarczy zabudować w zabierce 2—3 rur, podsadza się jednorazowo, czekając aż zacznie się pokazywać podsadzka przez odpowiednio wysoki komin, co jest sygnałem do zakończenia podsadzania. Wtedy powinno się

zamknąć zasuwę, żeby komin również zapełniła podsadzka. Rurociąg należy przepłukać przez przerywacz.

Odcinki na ścianach, czy to pochyłych, czy też poziomych, najlepiej podsadzać przez zabudowanie rurociągu wzdłuż tamy czołowej wewnątrz podsadzanego odcinka (rys. 60). Położenie rurociągu na zewnątrz tamy czołowej wymaga wykonania kilku kolan, co nie zawsze daje się od razu tak przeprowadzić, żeby nastąpiło dobre podsadzenie odcinka. Skracając rury zabudowane wewnątrz podsadzanego odcinka ściany, łatwiej jest dostosować wylot rurociągu do każdorazowej potrzeby.

Najwięcej trudności sprawia podsadzanie wszelkiego rodzaju korków, opinek, bud, obudowy trwałej (np. betonowej lub murowanej), a szczególnie trudne jest podsadzanie zawałów i pożarów. Przede wszystkim kłopotliwe jest odpowiednie zabudowanie rurociągu i lutni oraz ko-



Rys. 73. Wysoka tama zabierkowa

a — zwykła
b — w kształcie V
c — w kształcie Z
rozparcie nie pokazane

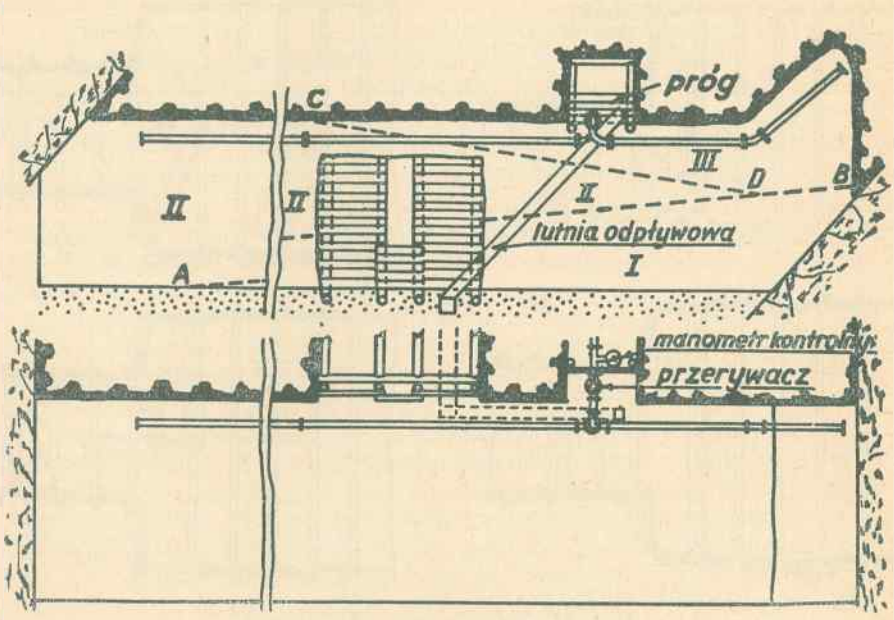
1 — rygle
r — rurociąg ∅ 150 mm
p_r — przerywacz
p_k — przytamka

minów do odprowadzania wody. Poza tym samo podsadzanie trwa zwykle bardzo krótko, toteż traci się wiele czasu na przerwy i powtarzanie podsadzania. Podsadzanie takie przy dużej wydajności instalacji podsadzkowej jest niebezpieczne, bardzo łatwo bowiem o zatkanie rurociągu.

W takich warunkach najlepiej jest zastosować podsadzanie pod ciśnieniem, z obserwacją manometru. Sposób ten wyszedł z kopalni Ka-

zimierz (patrz Przegląd Górniczo-Hutniczy nr 7, 1935, oraz rys. 74). Nadaje się specjalnie do podsadzania zabierek poziomych w systemie wybierania warstwami poziomymi, do których jest dostęp tylko przez jedną tamę. Warunkiem przy tym sposobie jest dobra tama i dobry stan rurociągu. Stosuje się ciśnienie do 5 at. Sposób ten nie nadaje się do podsadzania ścian, gdyż tamy ścianowe są do tego za słabe. Przy podsadzaniu długich zabierek sprawia również trudność wydostanie podsadzonych rur, co powoduje straty. Wątpliwe jest także podsadzanie podanym sposobem zrobów warstw pochyłych na podsadzce.

Obsada przy podsadzaniu składa się z obsługi podsadzkowni na powierzchni, doglądaczy rurociągu i obsługi podsadzanej zabierki. Ta ostatnia powinna mieć łączność z podsadzkownią za pomocą telefonu, celem kierowania podsadzaniem i na wypadek jakiejś przeszkody.



Rys. 74. Podsadzanie zabierki pod ciśnieniem
I, II, III — kolejność poszczególnych faz podsadzania

Ze względu na bezpieczeństwo pracy, zwłaszcza przy podsadzaniu w warstwach górnych na podsadzce, powinien być wbudowany przy zabierce przerywacz oraz przygotowane odpowiednie miejsce do wypuszczenia zamułki przy płukaniu rur. Niekiedy bowiem, np. w razie przerwania się zamułki czy to przez tamę, czy też przez poprzednią zabierkę itp., powstaje konieczność natychmiastowego przerwania dopływu mieszaniny do podsadzanej zabierki. Brak tego zabezpieczenia powoduje zawsze przeszkody przy wydobyciu, a niekiedy ogromne zniszczenie na chodnikach wyższej warstwy.

2. STOPIEŃ WYKORZYSTANIA OBSADY PRZY URZĄDZENIACH PODSADZKOWYCH

Wszelkie przerwy w podsadzaniu, szczególnie z dołu (od wylotu rurociągu), mają ogromny wpływ na wykorzystanie obsady przy urządzeniach podsadzkowych. Stosunek ilości godzin podsadzania do ustalonych godzin obsady daje stopień wykorzystania obsady przy urządzeniach podsadzkowych. Stosunek ten waha się od 50 do 60%, przeciętnie można przyjąć około 58%. Do tego dochodzi czas przepłukiwania rur, który wynosi od 12—16% czasu pracy obsady, przeciętnie około 14%. Resztę pochłaniają przerwy 22—35%, przeciętnie ~ 28%. Liczby te wzięte są z przykładowej kopalni, w czasie przeszło 8 lat obserwacji przy podsadzaniu przez trzy instalacje podsadzkowe (podsadzono około 5 mln m^3), przy specjalnym rozplanowaniu podsadzania dla uzyskania możliwie najlepszego wyniku (podsadzono w tym czasie 70—117 m^3/godz — przeciętnie 90 m^3/godz). Stopień wykorzystania obsady przy urządzeniach podsadzkowych należy brać pod uwagę przy projektowaniu nowych urządzeń dla obliczenia największej wydajności na dobę.

3. NIEKTÓRE DANE STATYSTYCZNE I EWIDENCJA PODSADZANYCH MIEJSC

Na przykładowej kopalni wydajność obsługi podsadzania (dół + powierzchnia) wynosiła 68 m^3/dniówkę względnie na 1000 m^3 podsadzonych przypadało 14,6 dniówek. Stosunek mieszaniny wahał się od 1 : 1,2 do 1 : 1,8, przeciętnie 1 : 1,4. Używano wody kopalnianej.

W okresie 2,5 lat podsadzono 1 636 000 m^3 w 2583 miejscach, z których 72% stanowiły zabierki względnie ściany, a 28% różne korki (zwykłe i pożarowe), opinki, budy, podsadzanie za obudowę trwałą. Na jedno miejsce podsadzane wypadło przeciętnie 635 m^3; przy przeciętnej ilości 200 m^3 na korek wypada na jedną zabierkę względnie ścianę ~ 800 m^3.

Na każde podsadzane miejsce wypadało zamulonych 1,66 sztuk rur (à 3 m) i 0,68 sztuk kolan względnie łączników.

Zastęp czterech rurarzy był zajęty stale wyciąganiem rur pozostawionych w podsadzce, zwłaszcza w miejscach, które następnym podsadzaniem miały być likwidowane. Każde miejsce podsadzone otrzymywało numer kolejny (tabliczka przybita na tamie), a w książce ewidencji „zamulonych" rur notowano dokładnie, co zostało pozostawione w podsadzce.

Po wyciągnięciu rur z tamy przodownik składając meldunek oddawał tabliczkę z numerem tamy. Przy takiej organizacji uzyskiwano około 81% „zamulonych" sztuk, czyli tracono średnio na jedno miejsce podsadzane 0,31 sztuk rur i 0,13 sztuk kolan względnie łączników. Straty powodowały przeważnie korki pożarowe, podsadzanie zawałów, odcięcia tam przez pożar, zawał, CO_2, itp.

W przeliczeniu strat na 1000 m^3 podsadzki wypada:

„zamulonych" 2,62 rur + 1,08 kolan i łączników,

straconych 0,50 rur + 0,20 kolan i łączników.

Przy rocznej ilości 650 000 m^3 podsadzki straty wynosiły 1000 mb rur + 130 sztuk kolan i łączników.

Liczby te również uzasadniają poprzednio wypowiedzianą tezę, że do podsadzania należy w zabierkach używać rur zużytych (15—25% wartości), ażeby jak najbardziej obniżyć straty.

Rolę podsadzki przy likwidowaniu pożarów na przykładowej kopalni ilustrują dane statystyczne za 4 lata obserwacji:

Ilość podsadzań pożarowych (~ 13% ogólnej) . . .	520	
Ilość podsadzonych miejsc pożarowych *	290	
Zużycie piasku na 1 miejsce pożarowe	425	m^3
Zużycie piasku do pożarów w stosunku do całej ilości podsadzki (zużyto do pożarów około 123 000 m^3) . . .	5	%
Ilość dniówek przy budowie rur i podsadzaniu na 1 miejsce pożarowe ca	20	
Procent dniówek rurarzy i podsadzkarzy na dole (zabudowanie rur + podsadzanie)	6	%.

* Nie oznacza to bezwzględnej ilości pożarów na kopalni, gdyż podano sumę z poszczególnych miesięcy.

X. OCZYSZCZANIE WODY PODSADZKOWEJ

1. UJĘCIE WODY PODCZAS PODSADZANIA

Zależnie od rodzaju materiału podsadzkowego otrzymuje się z miejsca podsadzanego wodę więcej lub mniej zanieczyszczoną. Gdy podsadzanie odbywa się w pierwszej warstwie, odprowadza się wodę najczęściej po spodku wyrobisk do ścieków, którymi odpływa albo do osobnych osadników, albo wprost do chodników wodnych.

Jeżeli podsadzanie odbywa się w wyższej warstwie, to wodę ujmuje się bądź w koryta drewniane, bądź w rury i odprowadza do ścieków chodnikowych w pierwszej warstwie względnie wprost do osadników lub chodników wodnych.

Woda swobodnie puszczana z podsadzanych zrobów powoduje zwykle wiele szkód. Praktyka taka w wyrobiskach z upadem na podsadzce jest wprost niedopuszczalna. Pomijając, że woda unosi z chodników nie tylko kawałki węgla, miał, odpadki drewna, co jeszcze w większym stopniu zanieczyszcza ścieki, oddziaływuje ona jednak również na spodek, który często wskutek tego pęcznieje i wydźwiguje się. Taki sposób odprowadzania wody przynosi tylko szkodę kopalni.

Powinno być zasadą w kopalniach, które dużo podsadzają i mają wyrobiska rozłożone z pewnym upadem, że wodę podsadzkową odprowadza się solidnie wykonanymi korytami (fludry) albo też rurami do właściwych osadników.

Do tego celu najlepiej nadają się zużyte rury podsadzkowe. Rurociąg taki powinien być ułożony na podkładach na spodku, w miarę zaś podsadzania zabierek czy pasów, robi się do niego połączenia, kierując wodę przy pomocy odpowiedniego progu. Wlot do rurociągu odprowadzającego powinien być zabezpieczony siatką drucianą zapobiegającą zatkaniu go większymi okruchami węgla, kamieni czy drewna. Jeśli się wodę odprowadza korytami bądź drewnianymi lutniami, wlot do rurociągu powinien być również zabezpieczony siatką drucianą.

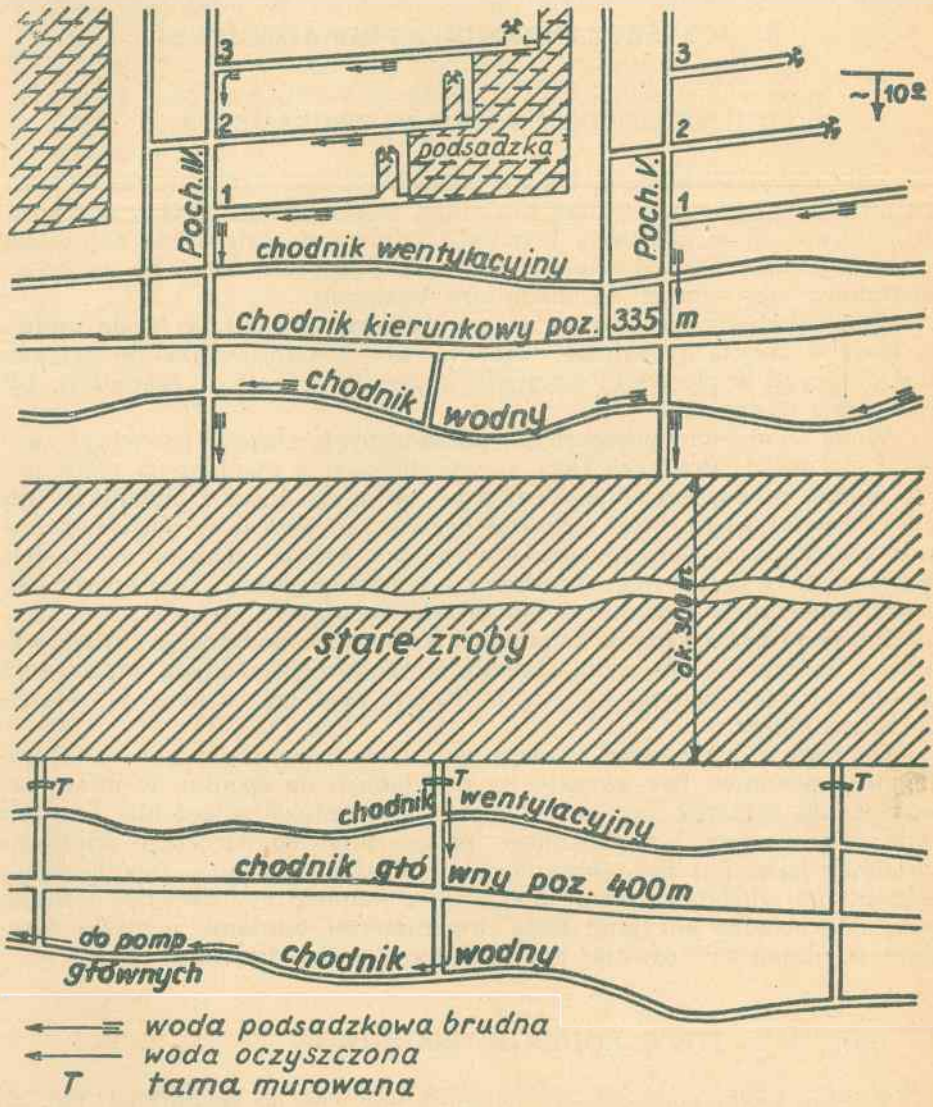
2. RODZAJE OSADNIKÓW

Brudna woda podsadzkowa powinna spływać do osadników, tzn. do miejsc, gdzie następuje osadzenie szlamu zawartego w wodzie.

W wodzie podsadzkowej jest zależnie od rodzaju użytego materiału mniej lub więcej szlamu. Na naszych kopalniach 5% — 10% szlamu nie jest rzadkością, w pewnych zaś okresach, gdy w piaskowniach trafia się na bardziej gliniasty (ilasty) materiał, ilość szlamu może się podnieść do 20% i więcej. Pompy cierpią już przy 1% szlamu, a przy większej jego

ilości zużycie pomp jest bardzo znaczne. Do dostatecznego oczyszczenia brudnej wody podsadzkowej potrzeba odpowiedniej pojemności osadników.

Pojemność osadników w sumie dla całej kopalni powinna wynosić przynajmniej 1,5—2 razy tyle, ile w ciągu doby podsadza się materiału



Rys. 75. Puszczenie wody podsadzkowej przez stare zawały

(zależy to oczywiście od stosunku mieszaniny podsadzkowej). Jeżeli kopalnia jest rozległa i pola podsadzane są rozrzucone, należy osadniki umieszczać w tych polach i w takiej ilości, by podsadzanie mogło się od-

bywać, o ile możności, niezależnie od pojemności osadników (liczyć najmniej na dwie zmiany podsadzania). W takim przypadku sumaryczna pojemność osadników kopalni będzie znacznie wyższa od poprzednio podanego minimum.

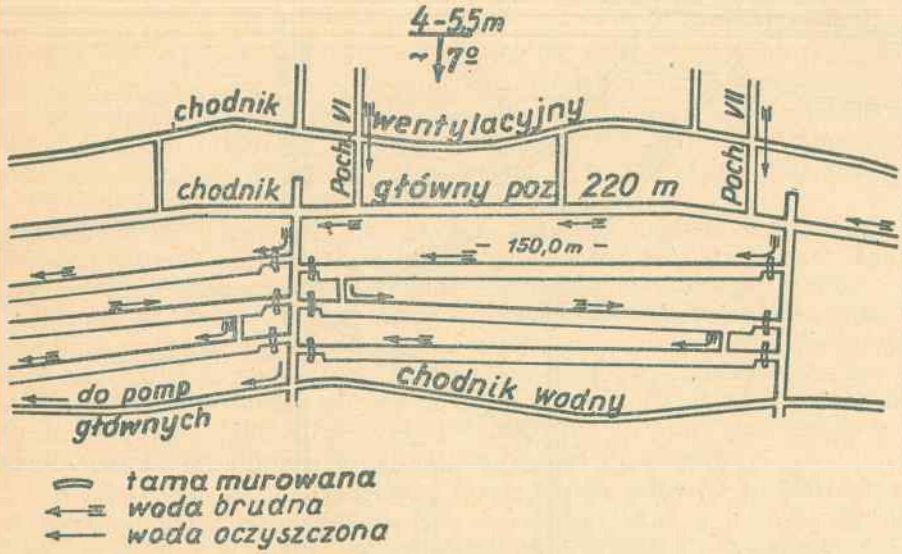
Oczyszczanie wody podsadzkowej z cząstek stałych odbywa się według dwu zasad:

a. osadzanie w prądzie wody o niewielkiej prędkości;

b. osadzanie w wodzie stojącej.

Stosownie do tego rozwinęły się różne rodzaje osadników.

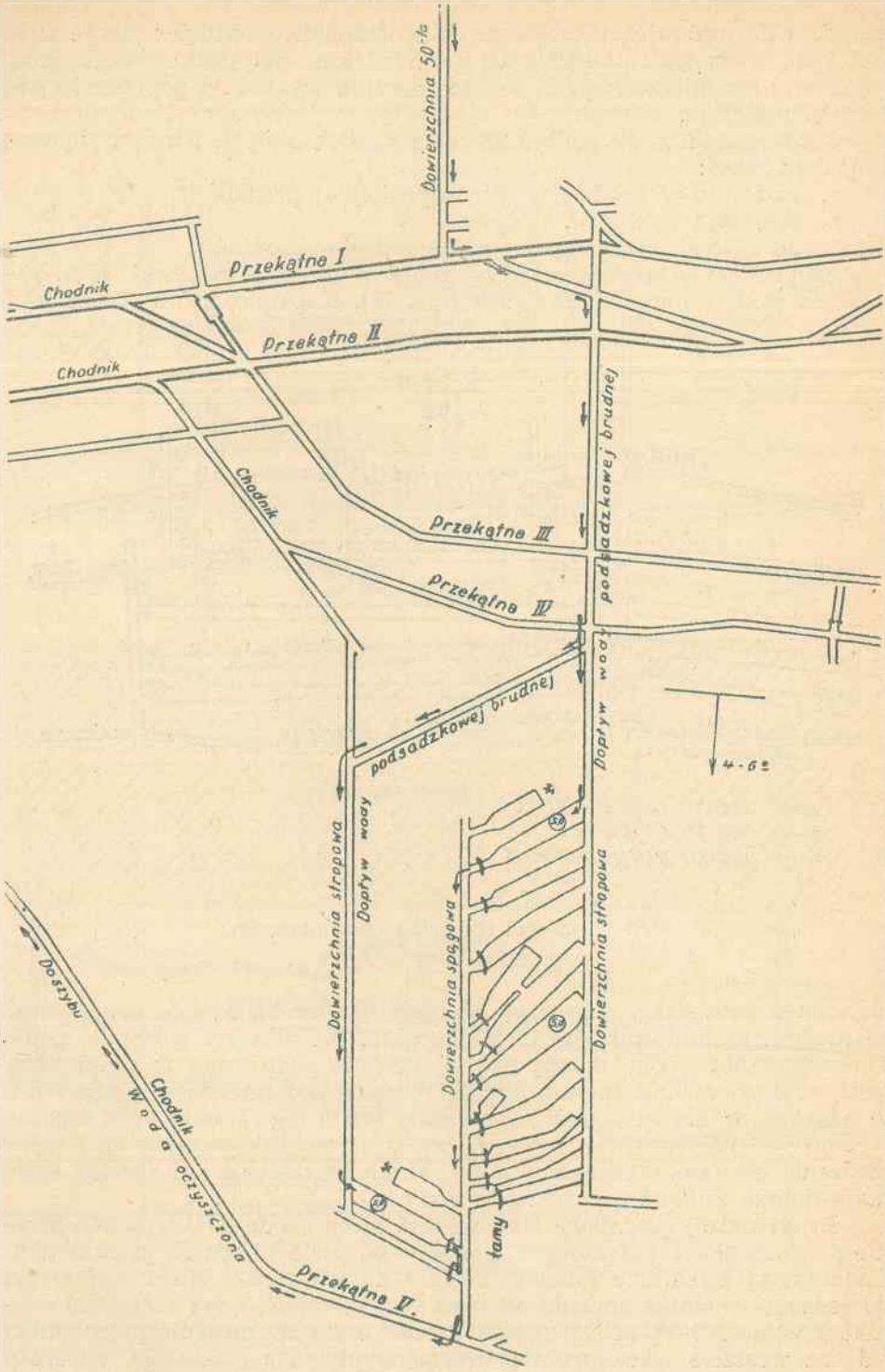
Najprostszym sposobem oczyszczenia wody podsadzkowej jest puszczenie wody do starych zawalisk (rys. 75). Kopalnie, które oprócz wy-



Rys. 76. Zespół chodników osadnikowych

bierania z podsadzką, prowadzą również roboty na zawał, mogą mieć możliwości posługiwania się tym sposobem. Na niższym poziomie, poniżej wybieranego pola, muszą być zbudowane silne tamy w chodnikach bądź w dowierzchniach, które mają połączenie z zawałem; przez tamy te odprowadza się w dę już oczyszczoną. Wadą tego sposobu jest niebezpieczeństwo nagłego przedarcia się wody z zawalisk w razie jej nagromadzenia się tam w większej ilości. Mimo to często stare zawały spełniają dobrze zadanie oczyszczania wody.

Drugi rodzaj osadników stanowi sieć kilku chodników (rys. 76), zwykle po rozciągłości, połączonych z sobą w odpowiedni sposób przecinkami. Chodniki są zamknięte tamami, zwykle murowanymi. Woda wpływając do jednego chodnika zmienia od razu swą szybkość, gdyż szerokość chodników wynosi 2—4 m. Następnie przelewa się do następnego chodnika itd., aż wreszcie jako zupełnie czysta wypływa z ostatniego chodnika osadnikowego do chodnika wodnego i płynie do pomp. W miarę jak



Rys. 77. Osadniki zabierkowe

chodniki się zapełniają trzeba wykonywać nowe. Ten rodzaj osadników wymaga dużo miejsca i powoduje stratę węgla, gdyż zwykle wybieranie filarów między zaszlamowanymi chodnikami jest utrudnione.

Niekiedy kopalnie, mające rozległe wyrobiska i stosunkowo dobry materiał podsadzkowy, spuszczają wodę podsadzkową wprost do chodników wodnych pędzonych z bardzo małym spadkiem, robiąc w nich w pobliżu pomp zastawy (progi). W miarę zapełniania się tych chodników szlamem odbywa się czyszczenie z niego i wywożenie wozami. Jest to prymitywny sposób oczyszczania wody bez osadników.

Innym rodzajem osadników jest typ zabierkowy (rys. 77). Poniżej pola wybierania bądź poniżej chodnika głównego wybiera się w caliźnie kilka zabierek, o wielkości zależnej od rodzaju stropu i stanu calizny (przy dużym ciśnieniu mniejsze wymiary). Zabierki te mogą być wybrane albo po rozciągłości, albo też po wzniesieniu. Z jednej strony robi się, zwykle pod stropem pokładu, połączenie do chodnika wyżej położonego dla wpuszczenia wody, a z drugiej strony jest tama, przez którą albo wprost odprowadza się czystą wodę, albo też przez nią przechodzą lutnie drewniane i kominy dla odpuszczenia wody. Zabierkę napełnia się brudną wodą, po kilku zaś godzinachi (4—12 godzin) odpuszcza się z niej wodę czystą, przy czym szlam zostaje.

Należy tu wspomnieć, że istnieją sposoby przyspieszenia osadzania się szlamów w osadnikach przez dodanie do brudnej wody tzw. koagulatorów (np. wapna), które strącają zawiesinę delikatnego mułku.

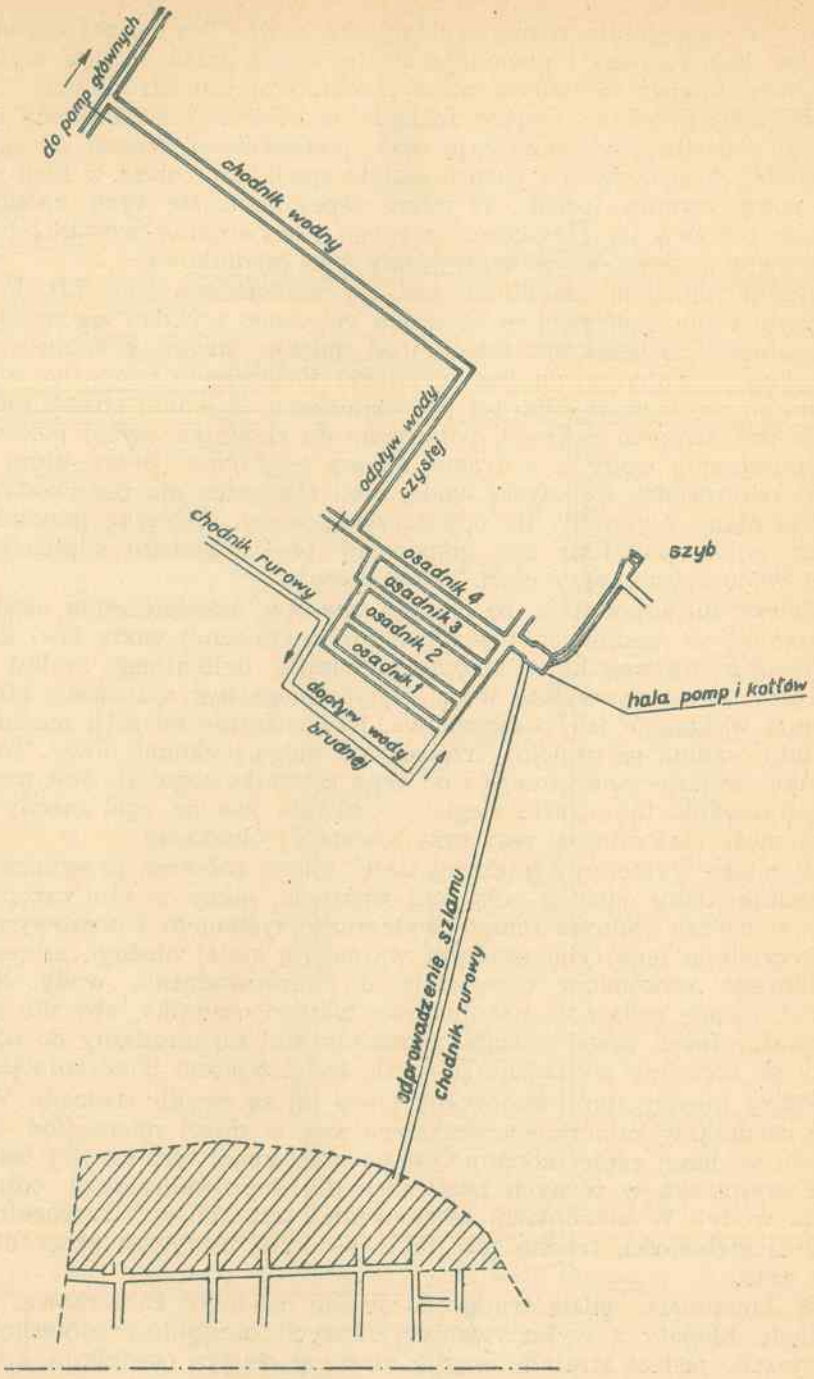
Tamy od strony wylotu wody czystej mogą być murowane albo też podobnie wykonane jak podsadzkowe, lecz znacznie od nich mocniejsze. Gdy taki osadnik się zapełni, trzeba obok niego wykonać nowy. Ten typ osadnika zajmuje mniej miejsca od typu chodnikowego, ale jest możliwy do zastosowania tam, gdzie węgiel w caliźnie jest na ogół mocny i zabierka może stać dłuższy czas przy normanej obudowie.

W miarę wybierania większej ilości takich zabierek przeznaczonych na osadniki dany odcinek pola robi wrażenie, jakby w nim przeprowadzano w bardzo wolnym tempie wybieranie systemem komorowym.

Oczywiście tego typu osadniki wymagają stałej obsługi, szczególnie zaś dobrego wykonania urządzenia do odprowadzania wody. Należy zwracać uwagę zwłaszcza na obudowę takiego osadnika, aby nie doszło do zawału. Jeżeli zawał nastąpił i osadnik stał się niezdatny do użytku, należy go szczelnie podsadzić, żeby nie był miejscem powstania pożaru.

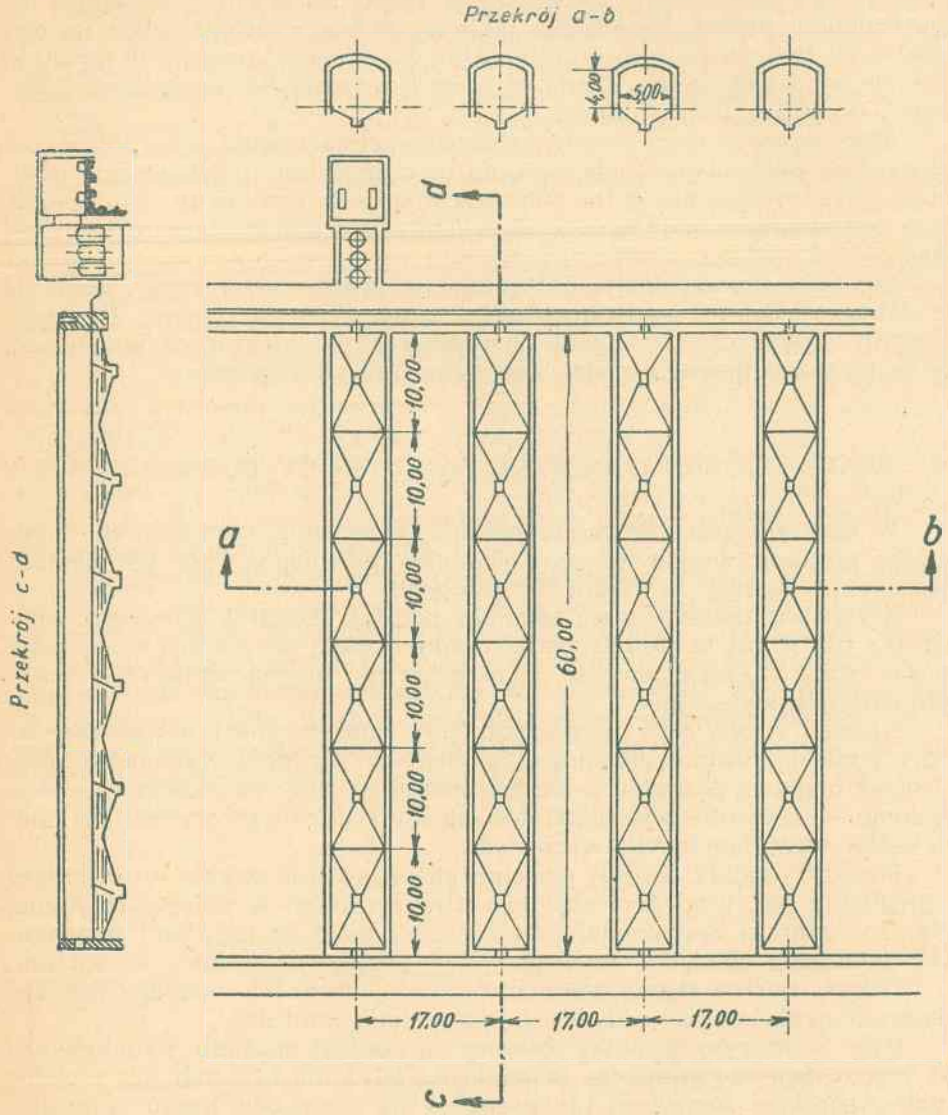
Filary między tymi osadnikami (5—6 m) są zwykle stracone. Wykonanie osadników zabierkowych zależne jest w dużej mierze od upadu pokładu w danej części kopalni. Im większy upad, tym łatwiej jest wykonać wyrobiska w różnych poziomach dla doprowadzenia i odprowadzenia wody. W kopalniach, gdzie węgiel jest „bujny", szczególnie na większej głębokości, trudno jest takie osadniki utrzymać przez dłuższy okres czasu.

W kopalniach, gdzie trudno utrzymać osadniki zabierkowe, gdzie są ciągłe kłopoty z wykonywaniem nowych osadników zabierkowych, co związane jest ze stratami węgla, rozwinął się typ osadników komorowych stałych, z urządzeniami do okresowego usuwania gromadzącego się w nich szlamu. Wykonuje się w tym celu 2—3 duże komory o obudowie stałej (mur lub beton), zwykle bliżej głównych pomp i chodników wodnych, przy czym spód takiej komory jest niekiedy wykształtowany



Rys. 78. Osadniki komorowe z urządzeniem mechanicznym do usuwania szlamu

w postaci odwróconych ostrosłupów, tzw. szpickastenów. System rurociągów o dużych przekrojach, z odpowiednimi klapami i zasuwami, jest tak ułożony, że pozwala okresowo oczyszczać osadnik ze szlamu (rys. 78 i 79).



Rys. 79. Schemat osadników komorowych

To oczyszczanie zbiornika może się odbyć albo pod własnym hydrostatycznym ciśnieniem szlamu półpłynnego, albo też przez wessanie szlamu do zbiornika roboczego, z którego następnie zostaje on wyciśnięty powietrzem sprężonym za pomocą odpowiednich urządzeń maszynowych do wozów kopalnianych albo do specjalnie przygotowanych

zabierek (znacznie wyżej od osadnika), albo też do zarabowanych wyrobisk po wybieraniu na zawał.

Do przetransportowania szlamu o gęstości 60 — 70% używa się powietrza sprężonego, pobieranego z sieci kopalnianej, albo też z osobnych małych sprężarek, które równocześnie mogą pracować jako pompy do wytwarzania próżni. Urządzenia takie są zdolne wycisnąć szlam na wysokość 50 m i na odległość do 1000 m w poziomie, przy wydajności od 15—30 m^3 szlamu/godz. Znane są typy 3-zbiornikowe (urządzenie „Mamut", rys. 80) i 2-zbiornikowe.

Stały osadnik może wtedy należycie spełniać swoją rolę, gdy w pobliżu niego jest miejsce, gdzie można usuwać szlam z oczyszczania osadnika, gdyż wywożenie go na powierzchnię jest kosztowne. Służące do tego celu zabierki mają krótki okres istnienia i dlatego łatwiej je utrzymać.

Osadniki stałe spełniają naturalnie swoją rolę tylko wtedy, jeżeli się je dobrze obsługuje i gdy urządzenia są należycie utrzymane. Niedopilnowanie, kilkakrotne zatopienie spowodowało na niektórych kopalniach, że te poważne budowle podziemne stoją niewykorzystane.

3. UWAGI OGÓLNE O OCZYSZCZANIU WODY PODSADZKOWEJ

W praktyce zachodzi często pytanie, gdzie umieścić osadniki — powyżej poziomu wydobywczego (chodnika głównego), czy też poniżej. Szczególnie dotyczy to osadników polowych.

Zazwyczaj umieszcza się osadniki poniżej chodnika głównego. Sposób ten ma tę zaletę, że odsuwając osadniki dalej od miejsca wybierania można mieć większą pewność, iż osadniki nie ulegną zgnieceniu przez ciśnienie eksploatacyjne.

Ujemną stroną tego rozwiązania jest zmniejszenie i naruszenie calizny poniżej poziomu głównego, co niekiedy utrudnia wykonanie połączenia z niższego poziomu, a często również — przy eksploatacji nowego poziomu — utrudnia wykorzystanie chodnika głównego starego poziomu do celów wentylacyjnych i rurowych.

Ponadto osadnik poniżej poziomu głównego jest zwykle w większym zaniedbaniu pod względem obsługi i utrzymania go w należytym stanie, gdyż nie zagraża bezpośrednio wydobyciu i może co najwyżej spowodować zamulenie chodnika wodnego, jeżeli nastąpi przerwanie się szlamu.

Dalszą ujemną stroną osadników poniżej chodnika wodnego jest konieczność podnoszenia wody do poziomu tego ostatniego.

Pole, w którym osadniki położone są poniżej poziomu wydobywczego, często staje się miejscem zaognionym, gdyż nieczynnych lub zawalonych osadników zazwyczaj nie podsadza się z powodu braku rurociągu podsadzkowego na miejscu.

Przy umiejscowieniu natomiast osadników powyżej poziomu wydobywczego sprawia często trudność uzyskanie potrzebnej różnicy poziomów dla doprowadzenia i odprowadzenia wody, a ponadto — w miarę zbliżania się linii wybierania do osadników — utrzymanie ich staje się uciążliwe. Mimo to wydaje się wskazane umieszczać osadniki powyżej poziomu głównego, gdy praca odbywa się na większych upadach, albo gdy wybierane są wyższe piętra, a tylko w razie wybierania bezpośre-

dnio nad chodnikiem głównym należy przenosić osadniki poniżej chodnika głównego. Takie postępowanie zmusza do odpowiedniego obchodzenia się z osadnikami, wychodzi na korzyść gospodarce wodnej, a również wpływa na racjonalne wykorzystanie partii zajętych na osadniki.

Należy stwierdzić, że na większości kopalń sprawa oczyszczania wody podsadzkowej nie jest postawiona na właściwym miejscu. Traktuje się ją ubocznie, mimo że koszty odwadniania, jako stały ciężar, mają duży wpływ na ostateczny wynik gospodarczy stosowania podsadzki.

Zamulone ścieki i chodniki wodne, a w wyniku tego zawały w tych chodnikach, prowadzenie kilku chodników wodnych jeden obok drugiego są częstym zjawiskiem na kopalniach stosujących podsadzkę płynną.

Woda podsadzkowa komplikuje problem odwadniania kopalni. Urządzenia do odwadniania muszą być należycie przygotowane do przyjęcia wody podsadzkowej. Żąpia pomp powinny być ze względu na szlam znacznie większe niż do zwykłej wody kopalnianej.

Jakkolwiek koncentracja odwadniania daje lepsze wyniki, to jednak należałoby raczej tam, gdzie to jest możliwe, osobno pompować wodę kopalnianą, a osobno podsadzkową. Łącząc bowiem obie wody, narażamy większą ilość pomp na gorsze warunki pracy.

Chodniki wodne do wody podsadzkowej powinny mieć na ogół większy spadek (minimum $5^0/_{00}$) niż do wody kopalnianej; ścieki doprowadzające wodę do osadników powinny mieć jeszcze większy spadek, aby zmniejszyć osadzanie się szlamu.

W kopalniach stosujących podsadzkę płynną należy dążyć do tego, by wszelki szlam otrzymywany z czyszczenia ścieków, chodników wodnych, żąpi pomp albo wymulony piasek pozostawiać na dole, a nie wydawać go na powierzchnię. Trzeba się z tym liczyć, że zanieczyszczenie kopalni podsadzkowych jest znaczne, toteż należy tak zorganizować ruch podsadzkowy, ażeby ujemne jego strony jak najmniej dawały się we znaki wydobywczemu ruchowi kopalni. Trzeba więc stosować zorganizowaną gospodarkę wodną i szlamową.

XI. KOSZTY I WYDAJNOŚĆ PODSADZKI PŁYNNEJ

1. UWAGI OGÓLNE O UKŁADZIE KOSZTÓW PODSADZKI PŁYNNEJ

Koszty można z grubsza rozbić na trzy części:

a. koszt materiału podsadzkowego loco podsadzkownia, tzn. urabianie i przewóz;

b. koszt podsadzania i robót z tym związanych, czyli koszt na dole kopalni, który można rozbić na takie części:
zbiorniki,
woda łącznie z kosztami osadników, czyszczenie po wodzie podsadzkowej itp.,
rurociągi oraz podsadzanie (dół),
tamy;

c. koszty ogólne (powszechne) obejmujące wszelkie obciążenia z tytułu ubezpieczeń, dodatków specjalnych, nadzoru, magazynów, różnych działów (mechaniczny, elektryczny, budowlany), amortyzacji, podatków itp.

Technika interesują głównie koszty pod a i b. Ujęcie w kosztach podsadzki płynnej tylko zbiorników, rurociągów oraz podsadzania nie daje całkowitego obrazu, wydatki bowiem na dozór i tzw. koszty ogólne nie bywają należycie kontowane. Również koszty wody różnie się ujmuje. Wymienione pozycje kosztów zależą naturalnie od warunków miejscowych i mogą się na poszczególnych kopalniach wahać w szerokim zakresie.

Co do kosztów na powierzchni to o ich wysokości decyduje wielkość piaskowni, jej wyposażenie mechaniczne, odległość przewozu i rodzaj taboru.

W kosztach dołu główną pozycją są rurociągi. Od wielkości sieci rurociągów będzie zależeć po większej części koszt dołowy.

Również jakość materiału zamułkowego wpływa na koszty dołowe. Jeżeli materiał jest gliniasty i na dole otrzyma się nadmiar szlamu po odpuszczeniu wody spoza tam, to niewątpliwie koszt oczyszczenia jej i zwiększony koszt odwadniania wpłyną w poważnym stopniu na wysokość kosztów podsadzania na dole.

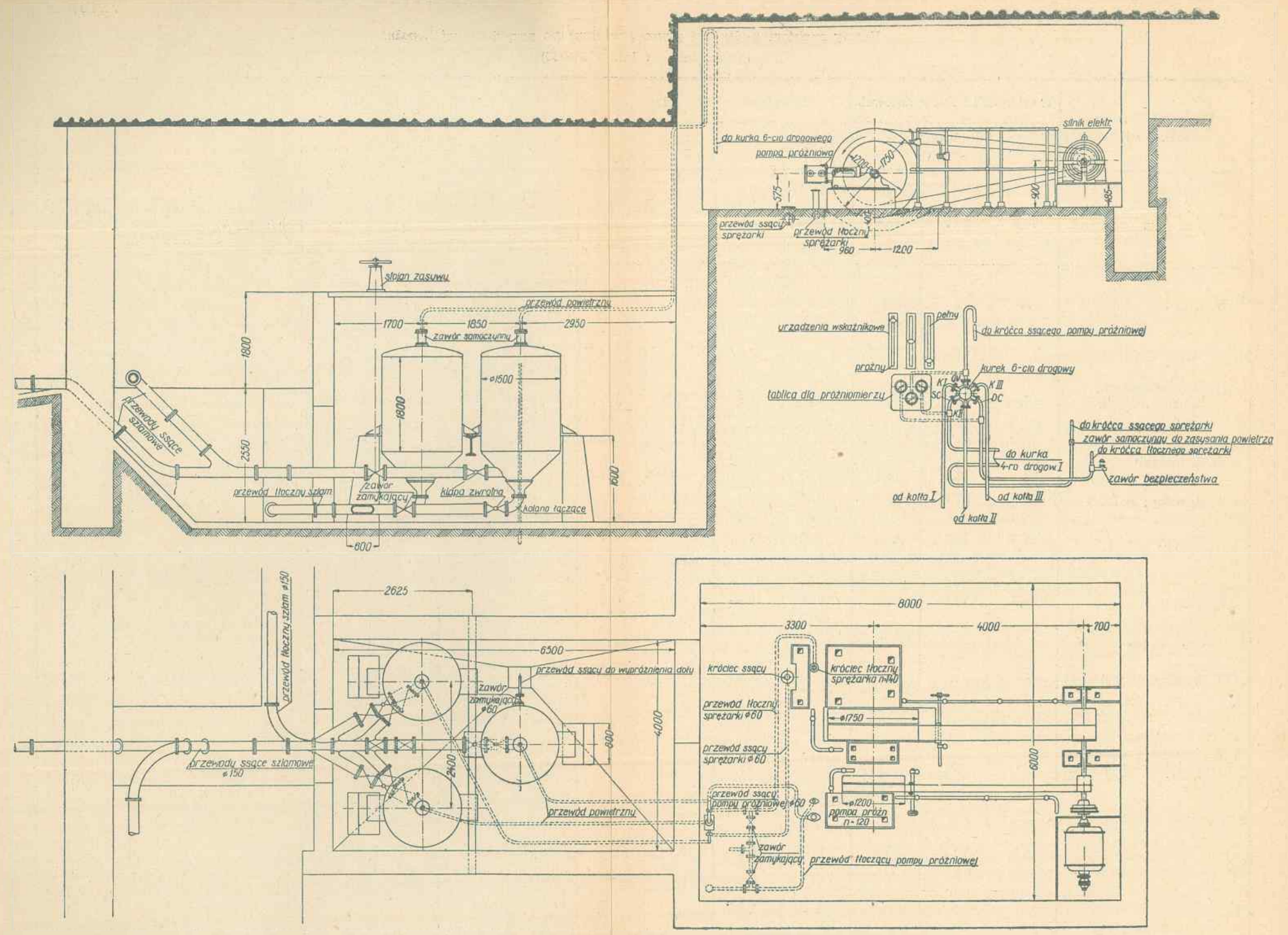
2. UJMOWANIE KOSZTÓW NA PRZYKŁADOWEJ KOPALNI

Dla przykładu podaję zestawienie przeciętnych kosztów ruchowych (tablica 1 i wykres rys. 81) w zł/m^3 przeciętnie za lata 1935—1939.

Dla wyjaśnienia wymienionego wykresu podam, że przewóz podany jest jako całość w kosztach „różnych", gdyż wykonywał go osobny oddział kolejowy, obejmujący kolejki kopalniane i hutnicze.

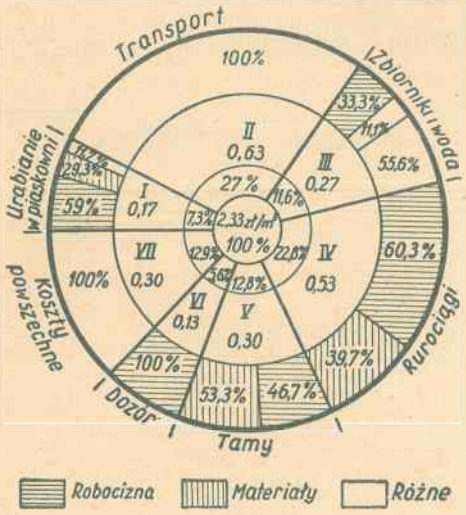
Koszty ruchowe podsadzki płynnej w zł/m³ na przykładowej kopalni
(przeciętnie za lata 1935—39)

Wyszczególnienie stanowisk	Wydajność i zużycie dniówek			Robocizna		Materiały		Różne		Razem		Uwagi
	m³/dn.	dniówek na 1000m³	%	zł/m³	%	zł/m³	%	zł/m³	%	zł/m³	%	
I. Urabianie w piaskowni (bez przewozu)	92,5	10,8	15,4	0,10 59 %	12,7 —	0,05 29,3 %	11,1 —	0,02[1]) 11,7 %	1,8	0,17 100 %	7,3	[1]) W tym 80% prąd elektryczny; zużycie prądu w poz. I (47%) + +III (53%) wynosi około 2 KWh/m³, co daje około 0,03 zł/m³
II. Przewóz	—	—	—	—	—	—	—	0,63	57,3	0,63	27,—	Średnia odległość przewozu 8,5 km; koszt 1 tkm użytkowego — 4,2 grosza
III. Podsadzkownia łącznie z wodą	97,—	10,3	14,7	0,09 33,3 %	11,5	0,03 111 %	6,7	0,15[2]) 55,6 %	13,7	0,27 100 %	11,6	[2]) Koszty wody wynoszą około 0,135 zł/m³, czyli 50% poz. III a 5.8% całkowitych kosztów podsadzki
IV. Rurociągi:												
rurociągi główne	138	7,3	10,4	0,07	9.—	0,18	40,—	—	—	0,25	10,8	Rurociągi główne 12,5 km
rurociągi polowe	36,7	27,3	39,—	0,25	32,1	0,03	6,7	—	—	0,28	12,—	Rurociągi polowe 12,5 km
Razem	29,—	34,6	49,4	0,32 60,3	41,1	0,21 39,7 %	46,7	—	—	0,53 100 %	22,8	
V. Tamy	69,4	14,5	20,5	0,14 46,7 %	18,—	0,18 53,3 %	35,5	—	—	0,30 100 %	12,8	
VI. Dozór (pobory)	—	—	—	0,13	16,7	—	—	—	—	0,13	5,6	Dozór — dół + powierzchnia
VII. Koszty powszechne (socjalne + wspólne)	—	—	—	—	—	—	—	0,30	27,2	0,30	12,9	Dodatki socjalne, węgiel deputatowy, mieszkanie, składki ubezpieczeniowe, udział w kosztach magazynu, działu mechanicznego, budowlanego oraz różne powszechne
RAZEM	14,3	70,2	100 %	0,78	100 %	0,45	100 %	1,10	100 %	2,33	100 %	Podsadzono w tym czasie około 2 668 000 m³; wydobyto węgla z pokładów podsadzanych około 4 787 000 ton, czyli podsadzano 0,56 m³/tonę
				33,4 %		19,3 %		47,3 %		100 %		



Rys. 80. Urządzenie do usuwania szlamu z osadników komorowych

Również druga cecha charakterystyczna warunków miejscowych przejawia się w tym, że koszty związane z wodą podsadzkową poczynając od ujęcia jej w osadniki obciążały podsadzkę w jednej kwocie, jako czynsz dzierżawny za ilość zużytej wody, i koszty te znajdują się w pozycji „zbiorniki". W tablicy 1 koszty te wynoszą prawie 50% kosztów zbiorników, łącznie z obsługą podsadzkowni.



Rys. 81. Koszty ruchowe podsadzki płynnej w zł/m³ na przykładowej kopalni (przeciętnie za lata 1935—39)

Chcąc znaleźć koszty m³ piasku loco zbiornik, należy do kosztów urabiania w piaskowni dodać z kosztów ogólnych dozoru odpowiednie stosunkowe obciążenia (np. proporcjonalnie do kosztów wykazanych) i złączyć z kosztami przewozu analogicznie obciążonymi. Podobnie trzeba zestawić koszty dołowe.

Dla wymienionego przykładu otrzyma się następujące dane:

koszt na powierzchni (urabianie + przewóz) .	=	0,86 zł/m³	— 36,9%
koszt na dole	=	1,47 „	— 63,1%
Razem		2,33 zł/m³	— 100 %

Rozdział kosztów dołowych będzie następujący:

podsadzkownia + obsada podsadzkowni .	0,18 zł/m³	— 12,2%
woda podsadzkowa	0,18 „	— 12,2%
rurociągi + obsada dołowa	0,71 „	— 48,4%
tamy	0,40 „	— 27,2%
Razem	1,47 zł/m³	— 100 %

W najważniejszej pozycji kosztów dołowych w rurociągach można wyróżnić dwie grupy:

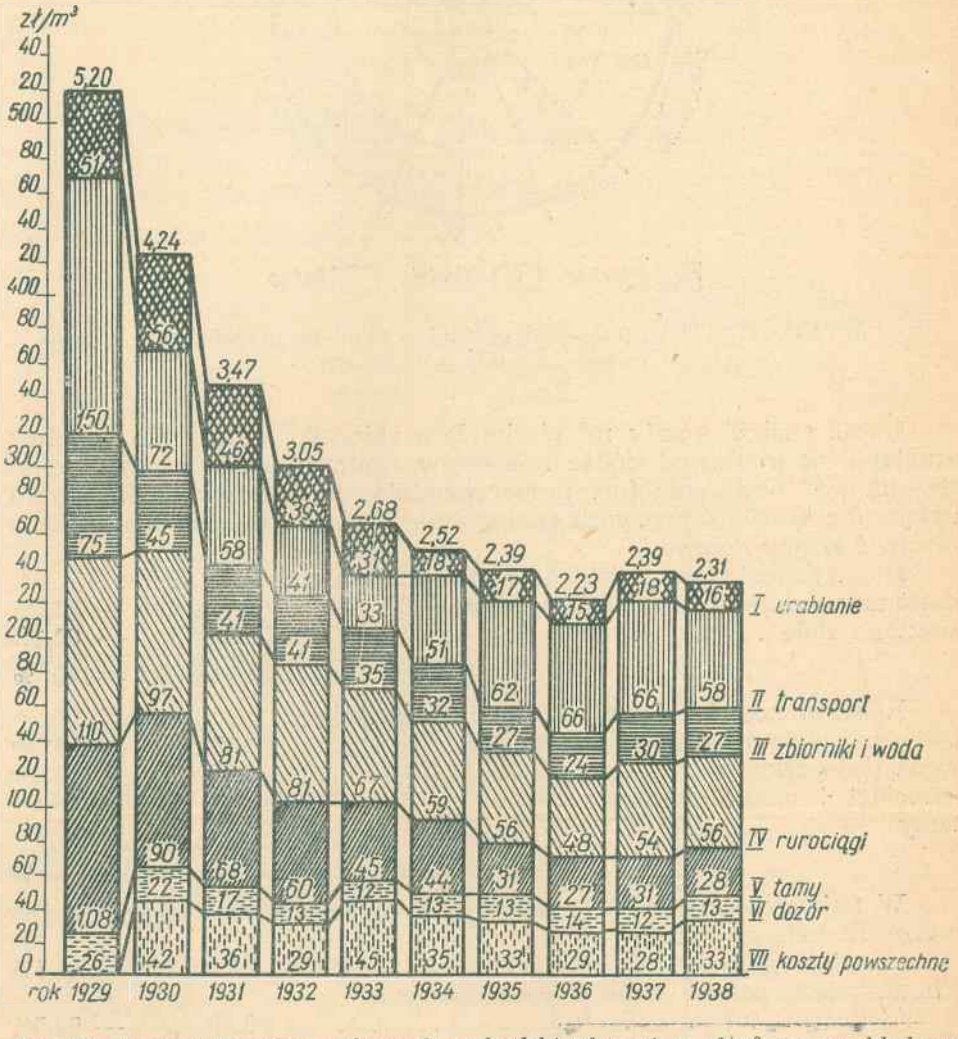
a. rurociągi główne	0,33 zł/m³	— 46,5%
b. rurociągi polowe wraz z podsadzaniem (dół)	0,38 „	— 53,5%
Razem	0,71 zł/m³	— 100 %

Dla porównania podaję koszty podsadzki w przemyśle węglowym za miesiąc sierpień 1947 r.

koszty powierzchni	52,8 zł/m³	— 39	%
koszty dołu	83,2 „	— 61	%
Razem	136,0 zł/m³	— 100	%

Koszty dołu rozpadają się na:

zbiorniki + podsadzanie + rurociągi	39,8 zł/m³	—	47,8 %
tamy	38,5 „	—	46,3 %
odprowadzanie wody	4,9 „	—	5,9 %
Razem	83,2 zł/m³	—	100 %

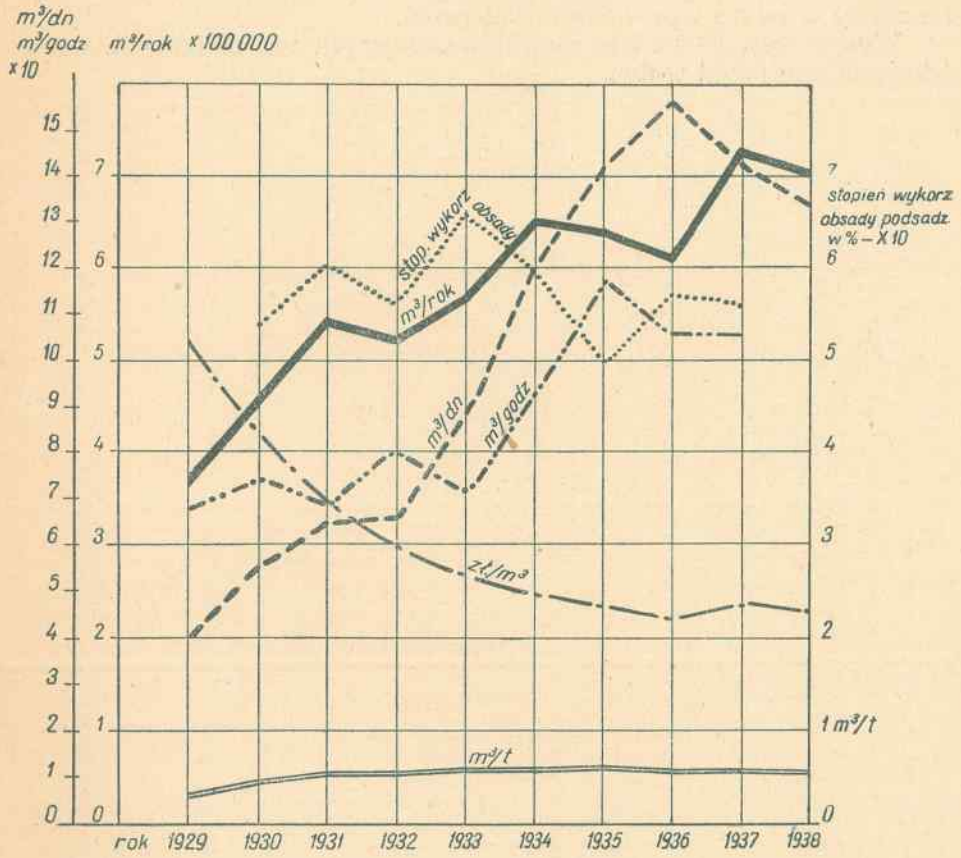


Rys. 82. Rozwój kosztów ruchowych podsadzki płynnej w zł/m³ na przykładowej kopalni w latach 1929—38 (podsadzono w tym okresie 5 782 600 m³)

Jak z powyższego porównania wynika, rozdział kosztów na dół i górę odpowiada w przybliżeniu rozkładowi na przykładowej kopalni, ale co do kosztów na dole jest niezgodny; niemniej można stwierdzić, że koszt tam obecnie jest niewspółmiernie wyższy, niż był przed wojną, a także że koszty wody są obecnie źle ujęte.

Inne szczegóły i uwagi dotyczące kosztów przykładowej kopalni są podane w uwagach tablicy 1. Szczególnie ciekawe są liczby dniówek na 1000 m^3 podsadzonego piasku z wyłączeniem dniówek przewozu, a mianowicie:

I.	urabianie piasku	10,8 dniówek
II.	podsadzkownia + obsada przy podsadzaniu na powierzchni	10,3 „
III.	rurociągi + obsada przy podsadzaniu na dole (główne 7,3 polowe 27,3)	34,6 „
IV.	tamy	14,5 „
	Razem	70,2 dniówek



Rys. 83. Ważniejsze dane statystyczne podsadzki płynnej na przykładowej kopalni za lata 1929 — 38

W tablicy 2 i na wykresie rys. 82 podane są wyniki osiągnięte po analizie zagadnienia i wynikającej z niej reorganizacji całego ruchu podsadzkowego na przykładowej kopalni.

W 1929 r. zostało przeprowadzone dokładne badanie poszczególnych faz robót, połączone z chronometrażem ważniejszych robót.

Ponieważ praca poszczególnych oddziałów podsadzkowych okazała się nieskoordynowana (np. ruch piaskowni i przewóz, budowa tam, podsadzanie itp.), zwrócono specjalną uwagę na te dysproporcje.

Rezultatem tej pracy był fakt, że przy daleko mniejszej obsadzie i prawie tym samym wyposażeniu technicznym, a jedynie utrzymanym na odpowiednim poziomie, ale dzięki odpowiedniej organizacji i racjonalizacji pracy, osiągnięto następujące wyniki (porównując rok 1930 i 1938):

1. zwiększono ilość podsadzki płynnej . . . . . ~ 53%
2. podniesiono wydajność urządzeń podsadzkowych . . ~ 43%
3. zwiększono ilość wydobycia na podsadzkę płynną . . ~ 30%
4. zwiększono wydajność załogi (nie uwzględniając przewozu) . . . . . ~ 75%
5. zmniejszono koszty m^3 ogółem . . . . . ~ 46%

Wykres rys. 82 pokazuje w poszczególnych stanowiskach zmiany, jakie zaszły w miarę wprowadzania ulepszeń.

Wykres rys. 83 podaje rozwój ważniejszych wskaźników latami za dziesięciolecie przed wojną.

Tablica 2

Rozwój kosztów podsadzki płynnej w zł/m³ na przykładowej kopalni oraz ważniejsze dane statystyczne w latach 1929 — 39

Wyszczególnienie stanowisk	1929/30		1930/31		1931/32		1932/33		1933/34		1934/35		1935/36		1936/37		1937/38		1938/39		Uwagi
	zł/m³	%	zł/m³	%	zł/m³	%	zł/m³	%	zł/m³	%	zł/m³	%	zł/m³	%	zł/m³	%	zł/m³	%	zł/m³	%	
I. Urabianie w piaskowni	0,51	9,8	0,56	13,2	0,46	13,3	0,39	12,8	0,31	11,6	0,18	7,2	0,17	7,1	0,15	6,7	0,18	7,5	0,16	6,9	[1]) 1. VII. 1934 r. transport piasku w osobnym oddziale kolejowym wspólnym dla kopalń i hut. Koszty łącznie z przewozem w piaskowni
II. Przewóz główny	1,50	28,9	0,72	17,—	0,58	16,8	0,41	13,5	0,33	12,3	0,51	20,2 [1])	0,62	25,9	0,68	29,6	0,66	27,6	0,58	25,1	
III. Podsadzkownia łącznie z wodą	0,75	14,4	0,45	10,6	0,41	11,8	0,41	13,5	0,35	13,—	0,32	12,7	0,27	11,3	0,24	10,8	0,30	12,6	0,27	11,7	[2]) Koszty powszechne są częściowo w poszczególnych pozycjach częściowo nie wykazane
IV. Rurociągi	1,10	21,1	0,97	22,9	0,81	23,3	0,81	26,7	0,67	25,—	0,59	23,4	0,56	23,4	0,48	21,5	0,54	22,6	0,56	24,2	
V. Tamy	1,08	20,8	0,90	21,2	0,68	19,6	0,60	19,7	0,45	16,8	0,44	17,5	0,31	13,—	0,27	12,1	0,31	13,—	0,28	12,2	[3]) Wydajność z wyłączeniem dniówek przewozu
VI. Dozór	0,26	5,—	0,22	5,2	0,17	4,9	0,13	4,3	0,12	4,5	0,13	5,1	0,13	5,5	0,14	6,3	0,12	5,—	0,13	5,6	
VII. Koszty powszechne	—	[2])	0,42	9,9	0,36	10,3	0,29	9,5	0,45	16,8	0,35	13,9	0,33	13,8	0,29	13,—	0,28	11,7	0,33	14,3	
Razem	5,20	100 %	4,24	100 %	3,47	100 %	3,05	100 %	2,68	100 %	2,52	100 %	2,39	100 %	2,23	100 %	2,39	100 %	2,31	100 %	
Robocizna	2,78	53,5	2,16	51,—	1,77	51,—	1,58	51,9	1,17	43,7	0,86	34,1	0,77	32,2	0,73	32,6	0,79	33,—	0,83	36,0	
Materiały	1,81	34,8	1,42	33,5	1,11	32,—	0,98	32,1	0,82	30,6	0,66	26,2	0,52	21,8	0,41	18,4	0,47	19,7	0,41	17,8	
Różne	0,61	11,7	0,66	15,5	0,59	17,—	0,49	16,—	0,69	25,7	1,00	39,7	1,10	46,—	1,09	49,—	1,13	47,3	1,07	46,2	
m³ piasku w tys.	371,3		455,8		541,7		525,1		569,5		650,9		641,2		612,3		719,4		695,4		
m³/t wydobycia	0,31		0,44		0,55		0,55		0,57		0,56		0,59		0,55		0,55		0,56		
wydajność m³/dniówkę	4,0		5,5		6,5		6,6		8,9	(11,4)[3])	12,2	(13,0)[3])	14,3		15,6		14,2		13,3		
podsadzano m³/h	67,7		74,5		69,5		80,5		72,1		93,—		117,5		106,—		106,—		—		
stan wykorzystania obsady w %	—		53,6		60,2		56,2		65,5		59,4		49,6		57,0		55,7		—		

XII. ROLA PODSADZKI PŁYNNEJ W GÓRNICTWIE WĘGLOWYM

1. PORÓWNANIE PODSADZKI PŁYNNEJ Z SUCHĄ

By zdać sobie sprawę z roli podsadzki płynnej w polskim górnictwie węglowym, należy podkreślić najpierw kilka czynników, uwydatniających znaczenie podsadzki płynnej wśród innych rodzajów podsadzki. Czynniki te są następujące:

a. zużycie różnego rodzaju materiału podsadzkowego;
b. wzajemny stosunek obłożenia przodka i roboty podsadzkowej;
c. wydajność podsadzki i jej koszty;
d. podporność podsadzki;
e. zastosowanie do grubych pokładów.

ZUŻYCIE RÓŻNEGO RODZAJU MATERIAŁU PODSADZKOWEGO

Do podsadzki płynnej i miotanej nadaje się zasadniczo każdy materiał, jaki znajduje się na kopalni. Najodpowiedniejszym jednak do podsadzki jest piasek.

Do podsadzki dmuchanej natomiast czysty piasek nie nadaje się, jak również i mieszanina piasku z dodatkiem gliny w ilości większej niż 15% (inż. W. Sielawa, Przegląd Górniczy nr 8—9, 1946). Najodpowiedniejszy jest materiał z odpadów płuczki i sortowni, byle tylko nie był zbyt błotnisty.

Materiał podsadzkowy pod względem wielkości ziarn nie powinien przekraczać 40 mm do podsadzki płynnej, 80 mm do podsadzki dmuchanej, a 120 mm do miotanej.

Do podsadzki ręcznej można użyć każdego materiału, ale najodpowiedniejszy jest kamień z przerostów lub urobiony ze stropu albo spodku danego pokładu względnie na robotach przygotowawczych. Wielkość kawałków powinna być różna, ale największe mogą być takie, które może przerzucać jeden człowiek.

WZAJEMNY STOSUNEK OBŁOŻENIA ROBÓT URABIANIA I PODSADZANIA

Dostarczenie podsadzki na miejsce podsadzania wywołuje różne trudności mniej lub więcej wpływające na bieg wydobycia w ogóle, a w przodku w szczególności.

Przy podsadzce płynnej odbywa się transport podsadzki w rurach za pomocą wody. Rury nie zajmują wiele miejsca w wyrobiskach kopalnianych i nie stanowią przeszkody. Pokaźne jednak ilości wody podsadzkowej mają bezsprzecznie wpływ na całokształt gospodarki wodnej na kopalni. W czasie podsadzania musi się zwrócić dużą uwagę na odprowadzanie wody z podsadzki, żeby nie wywołać przerwy w ruchu. Zasadniczo jednak można w pobliżu podsadzanego przodka wykonywać wybieranie.

Przy podsadzce miotanej zagadnienie transportu materiału podsadzkowego stanowi zasadniczą przeszkodę w wydobyciu. Pomijając fakt, że przewóz materiału w wozach wpływa ujemnie na sprawność transportu głównego, dostarczenie materiału do przodka zwykle na tej samej taśmie, która służy do odstawy urobku, skraca czas produktywny pracy przodka. Urządzenie osobnej taśmy względnie innego środka transportu dla dostarczania materiału podsadzkowego jest kosztowne i niepożądane ze względu na zwiększenie otwartej powierzchni stropu.

Przy podsadzce dmuchanej używa się albo tych samych środków do transportu materiału, co do urobku (np. wozy, taśmy), albo też trzeba zakładać osobne środki transportowe, zwykle powyżej wyrobiska podsadzanego. Materiał dostarcza się do podsadzarki, od której idzie on dalej rurami przy pomocy powietrza sprężonego. Wszystkie te urządzenia komplikują niezmiernie transport urobku w danej części kopalni.

To samo dotyczy podsadzki ręcznej, chyba że jest ona stosowana w postaci podsadzki częściowej z chodników ślepych, gdyż wtedy jest prawie niezależna od przebiegu ruchu wydobywczego.

Obsada robót podsadzki dmuchanej może być równoczesna z wydobyciem, co nie jest możliwe przy podsadzce miotanej i ręcznej, gdy materiał dostarcza się spoza przodka.

Przy podsadzce płynnej tylko w wyjątkowych przypadkach można podsadzanie obsadzić równocześnie z wydobyciem, np. przy wybieraniu ścianowym poprzecznym i przy dużym upadzie (powyżej 20°). Zasadniczo w czasie podsadzania danego przodka nie można obsadzać wydobycia, co jednak nie stanowi przeszkody ograniczającej decydująco czas obłożenia, jeżeli uwzględnić, że podsadzanie odbywa się co kilka dni, okresowo w ciągu 1—2 zmian, zależnie od wielkości wyrobiska, a poza tym wydobycie idzie bez przerwy na 2, a nawet 3 zmiany.

Podsadzki miotanej nie można obsadzić równocześnie z wydobyciem, a ponadto czas obłożenia na węglu zależy ściśle od możliwości ukończenia podsadzenia w określonym czasie (zresztą podobnie jak przy podsadzce ręcznej).

WYDAJNOŚĆ RÓŻNYCH RODZAJÓW PODSADZKI I KOSZTY

Wydajność określonej podsadzki w ciągu zmiany powinna odpowiadać wielkości przestrzeni wybranej i pozwalać na jak największe ilości wydobycia z danego przodka w ciągu doby.

Wydajność podsadzki dmuchanej wynosi od 30—50 m^3/godz, co przy dwu zmianach roboczych i uwzględnieniu, że czas użyteczny wynosi 10 godzin, daje około 300—500 m^3/dobę.

Przy podsadzce miotanej dochodzi wydajność godzinowa do 100—125 m^3. Podsadzanie może odbywać się na jednej zmianie (ca 6 godzin), czyli wydajność na dobę wynosi 600—700 m^3, zatem niewiele więcej niż przy dmuchanej.

Podsadzka ręczna dopuszcza zasadniczo wydobycie tylko na jednej zmianie w danym przodku; wyjątkowo przy stromych (powyżej 20°) pokładach i przy podsadzce częściowej można prowadzić wybieranie na więcej zmian.

Z powyższego wynika, że wydobycie węgla z danego przodka w swej maksymalnej możliwości jest ograniczone podsadzką, a zatem postęp

frontu wybierania i wymiary wyrobiska (ściany) muszą być dostosowane każdorazowo do wydajności podsadzki (pojemność podsadzania).

Podsadzka płynna, ze swą wydajnością 100—300 m^3/godz przy jednej instalacji podsadzkowej i przy 60% wykorzystania obłożenia urządzeń podsadzkowych, umożliwia podsadzanie na dobę w granicach od 1500—4500 m^3, a przy uzyskaniu wyższego stopnia wykorzystania znacznie więcej. Podsadzka płynna jest zatem pod względem pojemności podsadzania bezkonkurencyjna w stosunku do innych rodzajów podsadzki i daje możliwość uzyskania zarówno lepszego wykorzystania jednego przodka, jak i zwiększenia koncentracji robót w ogóle.

Co do wysokości kosztów różnego rodzaju podsadzki, można je według źródeł niemieckich (górnictwo niemieckie stosuje szeroko innego rodzaju podsadzki poza zamułką) tak uszeregować: podsadzka ręczna ze ślepych chodników, inne rodzaje podsadzki ręcznej, podsadzka miotana, dmuchana i podsadzka płynna. Kolejność ta jest oparta w głównej mierze na przyjęciu, że koszty urabiania materiału do podsadzki suchej są minimalne, bo używa się przeważnie odpadów.

Należy jednak uwzględnić, że ilość odpadów na kopalniach przy wybieraniu grubych pokładów jest znacznie mniejsza niż przy cienkich. Chcąc zatem stosować podsadzkę suchą w skali podsadzki płynnej, trzeba by również urabiać materiał podsadzkowy, a wówczas koszty podsadzki suchej będą większe niż podsadzki płynnej.

Według danych naszej statystyki kosztów własnych koszt 1 m^3 podsadzki suchej wynosi o 50% więcej niż podsadzki płynnej i tylko dzięki temu, że ilość m^3 na tonę wydobytą jest mniejsza (przy płynnej 0,8 m^3 na tonę a przy suchej 0,5 m^3 na tonę włącznie z częściową podsadzką), koszt na tonę wydobycia z podsadzką suchą wypada o 10—15% niżej niż przy zamułce. Naturalnie wyniki, jakie daje jeden i drugi rodzaj podsadzki w całokształcie gospodarki kopalń, w tych liczbach nie odzwierciedlają się należycie, co wykaże jeszcze rozważenie innych czynników.

PODPORNOŚĆ PODSADZKI (STOPIEŃ ŚCIŚLIWOŚCI PODSADZKI)

Podporność podsadzki określa jej zachowanie się względem stropu, a mianowicie, jak podsadzka podtrzymuje naciskające na nią skały stropowe.

Jeżeli podsadzka nie podpiera należycie stropu, a w stropie jest węgiel (np. przy wybieraniu warstwami grubych pokładów), następuje osiadanie, w wyniku czego tworzą się w węglu szczeliny, do których dostaje się powietrze umożliwiające samozapalenie węgla. Gdy stan taki zapanuje w wyższej warstwie, to warunki wybierania następnych warstw stają się coraz gorsze. Trzeba wtedy ograniczać wymiary wyrobisk, a walka z pożarami staje się chlebem codziennym. Równocześnie zmniejsza się wychód grubych sortymentów, co w rezultacie podcina wynik gospodarczy całej eksploatacji.

Również przy wybieraniu na całą grubość pokładu ściśliwość podsadzki ma duże znaczenie w zależności od celu, do którego ją zastosowano. Jeżeli stosuje się podsadzkę do ochrony powierzchni bądź pokładów wyżej leżących, a ona nie podtrzymuje należycie stropu, to wynik takiej podsadzki jest w ogóle wątpliwy, szczególnie gdy chodzi o ochronę powierzchni.

Podsadzka podtrzymująca strop nienależycie, a więc nadmiernie ściśliwa wywołuje jeszcze i te trudności, że przez osiadanie następuje zaburzenie stanu równowagi nie tylko w warstwach stropowych bezpośrednich, ale również w stropie zasadniczym, co objawia się wielkim ciśnieniem na wyrobiska w caliźnie.

W świetle powyższych uwag i tego co powiedziano poprzednio o ściśliwości podsadzki, jasne jest, że wszelka podsadzka sucha zostaje daleko w tyle za podsadzką płynną.

Przy podsadzce płynnej w ogóle, a zwłaszcza przy dobrze wykonanej podsadzce piaskowej następuje podparcie stropu bezpośrednio po podsadzeniu, gdyż ściśliwość podsadzki płynnej jest niewielka w porównaniu do podsadzki suchej. Jakkolwiek podsadzki nieściśliwej nie ma i przy podsadzce płynnej nastąpi również obniżenie się stropu, to jednak jest ono znacznie mniejsze aniżeli przy innych rodzajach podsadzki.

Jeżeli w stropie pokładu jest węgiel, to przy dobrej podsadzce najwyżej martwieje on i będzie potrzeba zużyć więcej materiału wybuchowego do jego urobienia, ale w niewielkiej tylko mierze może zachodzić niebezpieczeństwo pożarów i ubytek grubych sortymentów.

Wybieranie wyższych warstw może i powinno następować bezpośrednio po podsadzeniu, co umożliwia większą koncentrację wyrobisk i pozwala na kierowanie stropem w zakresie całokształtu wyrobisk kopalnianych.

ZASTOSOWANIE PODSADZKI DO GRUBYCH POKŁADÓW

Przy podsadzce suchej wysokość wyrobiska, przy której można mniej więcej dobrze wykonać podsadzenie, jest ograniczona.

Przy podsadzce ręcznej najlepszą wydajność uzyskuje się przy wysokości wyrobiska 1 — 1,5 m (10 — 15 m^3/dniówkę); poza tym zarówno w niższym, jak i w wyższym wyrobisku wydajność spada (7 — 10 m^3/dniówkę), a przy wyrobiskach ponad 3 m podsadzka ręczna w ogóle sprawia nadzwyczajne trudności, nie mówiąc już o małej szczelności podsadzania, chyba że stosuje się ją w pokładach stromych, gdzie materiał zsuwa się samoczynnie.

Również przy podsadzce miotanej i dmuchanej wysokość wyrobiska nie powinna przekraczać 2 — 2,5 m, jeżeli chce się uzyskać mniej więcej dobre wypełnienie pustki.

Stosując zatem podsadzkę suchą trzeba by zwiększyć ilość warstw wybierania, co nie opłaca się ze względu na ilość robót przygotowawczych w każdej warstwie oraz ze względu na mniejszą wydajność w niskim przodku.

Z powyższego wynika, że sucha podsadzka ma zastosowanie w pokładach cienkich, a co najwyżej w średnich.

Podsadzka płynna nadaje się do każdej wysokości wyrobisk. Jako optymalną wysokość warstwy przy wybieraniu wielowarstwowym przyjmuje się wysokość od 3 — 4,5 m, zależnie od warunków miejscowych. Niekiedy bowiem mocna ława węgla lub przerost skłaniają, by wybrać tę a nie inną wysokość warstwy.

Nie wdając się bliżej w opis używanych systemów wybierania grubych pokładów, szczególnie z zastosowaniem podsadzki, jedno należy podkreślić, co już zdaje się dzisiaj być pewnikiem niezbitym, że system ścianowy jest najbardziej odpowiedni do wielowarstwowego wybierania grubych pokładów.

System ten umożliwia równomierne, skoncentrowane i duże wydobycie, wykorzystując długi front w niewielkim polu wybierania, szybkość postępu wybierania, zwiększenie wydajności w przodku, dobre warunki przewietrzania i mechanizację transportu.

Stosowanie systemu ścianowego w grubym pokładzie jest możliwe praktycznie tylko przy użyciu podsadzki płynnej, która dzięki swojej wysokiej wydajności pozwala skrócić czas przerwy na podsadzanie do minimum.

2. CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA EKSPLOATACJĘ GRUBYCH POKŁADÓW Z PODSADZKĄ PŁYNNĄ

Z tego, co dotychczas powiedziano o roli czynników podkreślających wartość podsadzki płynnej na tle innych rodzajów podsadzki, wynika jasno, że do grubych pokładów jest podsadzka płynna jedynym środkiem umożliwiającym ich prawidłowe wybieranie.

W 1946 r. wydobyto w Zagłębiu Górno-śląskim 19,5 milionów ton z pokładów od 3,5 m wzwyż, co wynosi 44% całkowitego wydobycia.

Należy jeszcze zwrócić pokrótce uwagę na inne czynniki, grające rolę przy wybieraniu grubych pokładów.

a. Zagadnienie tąpań przy wybieraniu grubych pokładów, w warunkach istnienia grubych warstw twardego piaskowca w Zagłębiu Górno-śląskim, wymaga szczególnej uwagi ze względu na następstwa, jakie sprowadza (bardzo częste katastrofy masowe). Według Komisji Systemów Wybierania przy Instytucie Węglowym 40% grubych pokładów powyżej 5 m grubości w warstwach siodłowych i rudzkich wykazywało w 1946 r. objawy tąpań.

   Nie wdając się w szczegóły należy podkreślić, że nie ulega wątpliwości, iż wybieranie z podsadzką, szczególnie z podsadzką płynną i stosowanie odpowiedniego systemu wybierania oraz rozkładu robót górniczych w całokształcie wyrobisk kopalnianych i przez to właściwe kierowanie stropem stanowią broń górnictwa w walce ze zjawiskiem tąpań (prof. W. Budryk, Przegląd Górniczo-Hutniczy nr 10, 1938).

b. Zagadnienie zwiększającej się stale głębokości eksploatacji i z nią związanego ciśnienia górotworu musi również znaleźć należyte rozwiązanie w zastosowaniu odpowiedniego systemu wybierania.

   Praktyka potwierdza fakt, że od 300 m głębokości silniejsze ciśnienie górotworu objawia się coraz dotkliwiej w miarę zwiększania głębokości eksploatacji. W związku z tym wzrastają również straty w kopalinie i spadek wychodu grubych sortymentów.

   Angielskie badania przy systemie filarowym w grubych pokładach stwierdzają, że ze wzrostem głębokości eksploatacji ze 100 m na 650 m wzrosły straty węgla z 20% na 45%, a wychód grubych sortymentów zmniejszył się z 60% do 35%.

   Inne badania angielskie wykazują, że odpowiednie i prawidłowo prowadzone wybieranie systemem ścianowym umożliwia nawet w głębokości ponad 1000 m uniknięcie nadmiernego ciśnienia przy eksploatacji.

   Doświadczenia w Zagłębiu Górno-śląskim z systemem filarowym śląskim przy głębokości 400—600 m wykazują konieczność przejścia na system wybierania z podsadzką, gdyż inaczej straty

w węglu, niebezpieczeństwo pożarów i wzrost miału w urobku przybiera za wielki rozmiar.

Z drugiej strony doświadczenia w wybieraniu z podsadzką płynną, a również i systemem ścianowym na zawał (kopalnia Centrum) wskazują wyraźnie, że coraz więcej będzie zyskiwał na znaczeniu system ścianowy połączony z podsadzką płynną, gdyż tylko ona umożliwia prawidłowe wybieranie wielowarstwowe grubych pokładów.

W 1946 r. wydobyto w Zagłębiu Górno-śląskim 76% węgla z głębokości poniżej 300 m; z głębokości 300—500 m 43%, a z głębokości 500—800 m 33%. Średnia głębokość eksploatacji wynosiła około 430 m. Są to liczby, które skierowują uwagę na potrzebę zastosowania odpowiednich systemów w miarę wzrostu wydobycia z większych głębokości.

Wydaje się, że prawidłowo prowadzona eksploatacja ścianowa w większych głębokościach stanowi najpewniejszy środek do zwalczenia ciśnienia i to obojętnie, czy będzie ona prowadzona z podsadzką, czy też na rabunek. Wybieranie filarowe na zawał z pozostawieniem nóg względnie z podsadzką bardziej ściśliwą nie prowadzi do zmniejszenia ciśnienia w większej głębokości.

c. Zagadnienie strat eksploatacji również jest bardzo ważne, szczególnie w grubych pokładach. Jedna z kopalń, wybierając swego czasu na zawał gruby pokład, pozostawiała w stropie 1—1,5 m węgla, a równocześnie, z braku odpowiedniej długości frontu wybierania, prowadziła wybieranie na cienkim pokładzie o grubości poniżej 1 m.

Nie ulega wątpliwości, że zastosowanie podsadzki płynnej i wielowarstwowego wybierania grubych pokładów wpływa na zmniejszenie strat eksploatacji i, pomijając sprawę pożarów, szkód górniczych i zmniejszenia ciśnienia, pozwala — przy tych samych robotach udostępniających złoże i tych samych robotach przygotowawczych — na uzyskanie o 25—40% więcej węgla.

Przy systemie filarowym na zawał traci się węgiel wskutek pozostawienia nóg węglowych, filarów oporowych dla chodników i dla odcięcia się od pożarów oraz wskutek straty partii otamowanych. Niezależnie od strat węgla te wszystkie pozostawione części pokładów wpływają ujemnie na równomierność odprężania i na osiadanie stropu. Tworzą one przy wybieraniu sąsiednich pokładów tzw. wyspy, najniebezpieczniejsze do przejścia regularnym wybieraniem, bo są one ogniskiem ogromnego ciśnienia i miejscem, gdzie najczęściej następuje wyładowanie napięć w postaci tąpań. Pozostawienie zatem wszelkich niewybranych partii uniemożliwia właściwe kierowanie stropem, w wyniku czego wątpliwe jest dalsze prawidłowe wybieranie danego pokładu jak i następnych.

Katastrofalne tąpania prowadzą do wniosku, że nawet stosowanie odpowiedniego systemu wybierania z podsadzką płynną i rozkład wyrobisk to jeszcze nie wszystko, ale że trzeba zarazem wybieranie prowadzić czysto.

Grube pokłady należy zatem nie tylko ze względu na lepsze wykorzystanie zapasów, ale również ze względów technicznych wybierać bez strat — na czysto.

d. Eksploatacja grubych pokładów, zwłaszcza na większej głębokości połączona jest zwykle ze zjawiskiem pożarów. Często jeszcze nie

prowadzi się faktycznego wybierania, a już w wyrobiskach przygotowawczych powstają pożary od samozapalenia się węgla. Obecność podsadzki płynnej na kopalni ma oczywiście decydującą rolę w zwalczaniu pożarów, jak to już na innym miejscu zostało podkreślone.

e. Również bezpieczeństwo pracy przy systemach z podsadzką w ogóle, a zwłaszcza z podsadzką płynną wybitnie się polepsza. Już choćby fakt, że nie bierze się na całą grubość pokładów takich jak 5—7,5 m grubości, lecz stosuje się wybieranie warstwami 3—4 m, zmniejsza ilość wypadków od oberwania się kamienia względnie węgla.

f. Pozostaje jeszcze do omówienia zagadnienie filarów ochronnych pozostawianych ze względu na ważne obiekty powierzchniowe.

Jeśli wziąć pod uwagę, że na poziomach obecnie istniejących w naszych kopalniach jest 970 mln ton węgla uwięzionych w filarach ochronnych, a z uwzględnieniem poziomów nowych w dziesięcioleciu 1,24 mld ton, to sprawa zastosowania odpowiedniego systemu wybierania nabiera ogromnego znaczenia. Podsadzka płynna ma wszelkie dane, aby przy jej pomocy zlikwidować filary ochronne pod obiektami.

3. UWAGI O WŁAŚCIWYM POSTAWIENIU ZAGADNIENIA PODSADZKI PŁYNNEJ W PRAKTYCE

Podsadzka płynna ze strony technicznej jest już dziś w takim stadium rozwoju, że spełni zadania postawione jej przez technikę wybierania. Należy jednak pamiętać o tym, co jest do tego potrzebne.

Trzeba w praktyce podsadzkę płynną stosować w takich warunkach, w jakich może dać najlepsze wyniki. Wszelkie stosowanie półśrodków, wciskanie podsadzki płynnej np. do śląskiego systemu filarowego z pozostawieniem różnych nóg, filarów oporowych od strony sieci wyrobisk transportowych, rurowych i wentylacyjnych, nie prowadzi do celu.

Również stosowanie podsadzki płynnej częściowo w postaci pasów, korków daje tylko wyniki chwilowe, ale na dłuższą metę wprowadza trudności w kierowaniu stropem zasadniczym i zwalczaniu ciśnienia.

Szkoda się łudzić, że wprowadzając w ten sposób podsadzkę płynną zabezpieczyło się kopalnię od wszelkich niespodzianek; szkoda na to drogiego materiału podsadzkowego.

Przy omawianiu strat eksploatacji zwrócono już uwagę na znaczenie całkowitego wybierania — na czysto. Tutaj — z technicznego punktu widzenia podsadzki — należy jeszcze raz podkreślić wagę tego stwierdzenia.

Gdy zapadnie decyzja stosowania podsadzki płynnej, to konsekwencje tej decyzji muszą być wyciągnięte we wszystkich dziedzinach gospodarki kopalnianej. Wówczas kopalnia będzie przygotowana na wszelkie dodatnie i ujemne czynniki, jakie wprowadza podsadzka płynna w jej życie. Będzie ona wtedy rzeczywiście kopalnią z podsadzką płynną.

Zagadnienie podsadzki płynnej nie jest proste i wymaga szczegółowego opracowania i nastawienia się na dokładne wykonanie postawionych zadań. Traktowanie podsadzki płynnej jako zła koniecznego i ubocznego zajęcia nie da wyników.

Stosowanie podsadzki płynnej pociąga za sobą zwiększenie kosztów, aczkolwiek obecne doświadczenia już prawie upewniają, że zwyżka ko-

sztów równoważy się dzięki wynikom, jakie uzyskuje się w wybieraniu. Niemniej jednak należy dążyć do takiego zorganizowania urabiania materiału podsadzkowego oraz robót dołowych, aby koszty m^3 podsadzki płynnej były jak najniższe. Można to uzyskać przez założenie wielkich centralnych źródeł zaopatrzenia kopalń w materiał podsadzkowy, a ściśle w piasek, tudzież przez odpowiednią organizację robót podsadzkowych na dole.

Podsadzka w polskim górnictwie węglowym w r. 1946 i I półroczu 1947
(w milionach ton względnie m³)

Zjednoczenie		Wydobycie w r. 1946								Podsadzka płynna r. 1946			Podsadzka sucha r. 1946			Pierwsze półrocze r. 1947							
		Wydobycie mln ton	Ilość kopalń	na podsadzkę płynną			na podsadzkę suchą			mln m³	m³/t ogółem	m³/t z podsadzką płynną	mln m³	m³/t ogółem	m³/t z podsadzką suchą	podsadzka płynna				podsadzka sucha			
				mln ton	%	Ilość kopalń	mln ton	%	Ilość kopalń							% wydobycia	Ilość kopalń	m³/t ogółem	m³/t z podsadzką płynną	% wydobycia	Ilość kopalń	ogółem m³/t	m³/t z podsadzką suchą
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
I	Jaworznicko-Mikołowskie	[2] 4,37	11	0,02	0,6	1	0,16	3,7	1	0,01	—	[1] 0,70	0,08	0,02	[1] 0,54	0,9	1	0,01	0,60	2,4	1	0,02	0,67
II	Dąbrowskie	5,24	10	3,56	68,—	9	0,03	0,6	1	2,94	0,56	0,83	0,02	[3] —	0,60	67,6	9	0,55	0,80	1,2	2	0,01	0,53
III	Katowickie	5,17	6	1,58	30,6	4	0,60	11,6	4	1,29	0,25	0,82	0,30	0,06	0,50	34,4	4	0,25	0,72	8,5	4	0,05	0,60
IV	Chorzowskie	6,12	7	0,04	0,6	1	0,04	0,6	2	0,04	0,01	1,00	0,03	[3] —	0,65	0,5	1	0,01	1,00	1,3	2	0,01	0,76
V	Rudzkie	5,00	8	1,44	28,8	5	0,28	5,6	2	1,12	0,22	0,78	0,15	0,03	0,53	32,5	5	0,25	0,78	6,7	2	0,03	0,39
VI	Bytomskie	4,21	7	—	—	—	0,02	0,5	1	—	—	—	0,02	[3] —	1,00	—	—	—	—	3,2	1	0,01	0,11
VII	Zabrskie	4,48	6	2,01	44,9	4	0,58	12,9	4	1,56	0,35	0,78	0,23	0,05	0,40	39,3	4	0,33	0,84	15,4	4	0,07	0,45
VIII	Gliwickie	4,69	7	0,69	14,7	5	1,78	38,—	6	0,57	0,12	0,82	0,86	0,18	0,48	16,6	5	0,13	0,77	39,7	7	0,20	0,51
IX	Rybnickie	[4] 5,08	8	0,24	4,7	2	1,55	30,5	6	0,14	0,03	0,58	0,59	0,12	0,38	4,9	1	0,04	0,84	32,3	7	0,12	0,38
X	Dolno-śląskie	2,93	7	—	—	—	1,83	62,4	7	—	—	—	1,04	0,36	0,57	—	—	—	—	59,3	7	0,35	0,58
Razem PW I-X		47,29	77	9,58	20,2	31	6,87	14,5	34	7,67	0,16	0,80	3,32	0,07	0,48	21,3	30	0,17	0,80	14,7	37	0,07	0,49
Razem Zagłębie Górno-śląskie I—IX		44,35	70	9,58	21,6	31	5,04	11,3	27	7,67	0,17	0,80	2,28	0,05	0,45	22,5	30	0,18	0,80	12,0	30	0.06	0,46
Razem zjednoczenia stosujące podsadzkę II+III+V+VII+VIII		24,58	37	9,28	37,8	27	3,27	13,3	17	7,48	0,30	0,80	1,56	0,06	0,48	38,0	27	0,30	0,80	14,0	19	0,07	0,50
Razem kopalnie stosujące podsadzkę w zjednoczeniach II + III + V + VII + VIII																48,0	27	0,38	0,80				

Uwagi: [1]) podano liczby według dokładnego przeliczenia; [2]) bez kopalni Silesia; [3]) bardzo małe liczby; [4]) łącznie z kopalnią Silesia.

XIII. WAŻNOŚĆ ZAGADNIENIA PODSADZKI W POLSKIM GÓRNICTWIE WĘGLOWYM

Polski świat techniczny już w latach 1935—38 zdawał sobie jasno sprawę z sytuacji i opracowywał projekty centralnej piaskowni. W 1937 roku szacowano na 66 mln zł koszt samej kolei do przewozu piasku i urządzenia nowych podsadzkowni (bez kosztów piaskowni).

W nowych warunkach po wojnie rozpoczęła się realizacja tych wielkich zamierzeń.

W tablicy 3 zestawiono wydobycie i ilość zużytej podsadzki w polskim górnictwie węglowym w 1946 r. oraz procentowo w I półroczu 1947 r. Analiza liczb tej tablicy wykazuje, że podsadzkę stosuje się do 35—36% wydobycia, w czym około 21% eksploatuje się na podsadzkę płynną i około 15% na podsadzkę suchą. Jeżeli chodzi o Zagłębie Górnośląskie, to z podsadzką płynną wydobywa się około 22%, a z podsadzką suchą około 11—12%. Należy zaznaczyć, że przy podsadzce suchej objęto tymi liczbami również podsadzkę częściową układaną w pasy lub w szachownicę, przy czym uzyskany na miejscu materiał pochodzi przeważnie ze stropu. W Zagłębiu Dolno-śląskim stosuje się wyłącznie podsadzkę suchą do 59—62% wydobycia.

Jeżeli analizować liczby poszczególnych zjednoczeń przemysłu węglowego, to ogólnie można rozdzielić je na 3 grupy:

1. Zjednoczenia stosujące podsadzkę w bardzo małym procencie (1—3,2%) i tylko na niektórych kopalniach (6 kopalń na 25).
2. Zjednoczenia stosujące w przeważającej ilości podsadzkę płynną (od 32—67%), a w niewielkim procencie podsadzkę suchą (od 1,2—15,5%); na 30 kopalń w ogóle podsadzka płynna jest na 22 kopalniach, a podsadzka sucha na 12.
3. Zjednoczenia stosujące w przeważającej ilości podsadzkę suchą (od 32—59%), a w niewielkim procencie płynną (od 4,9—16,6%) względnie nie stosujące podsadzki płynnej; na 22 kopalń w ogóle podsadzka sucha jest stosowana na 21 kopalniach, a płynna na 6.

Główną rolę w polskim górnictwie odgrywa podsadzka płynna. Na każdą wydobytą tonę przypada podsadzki:

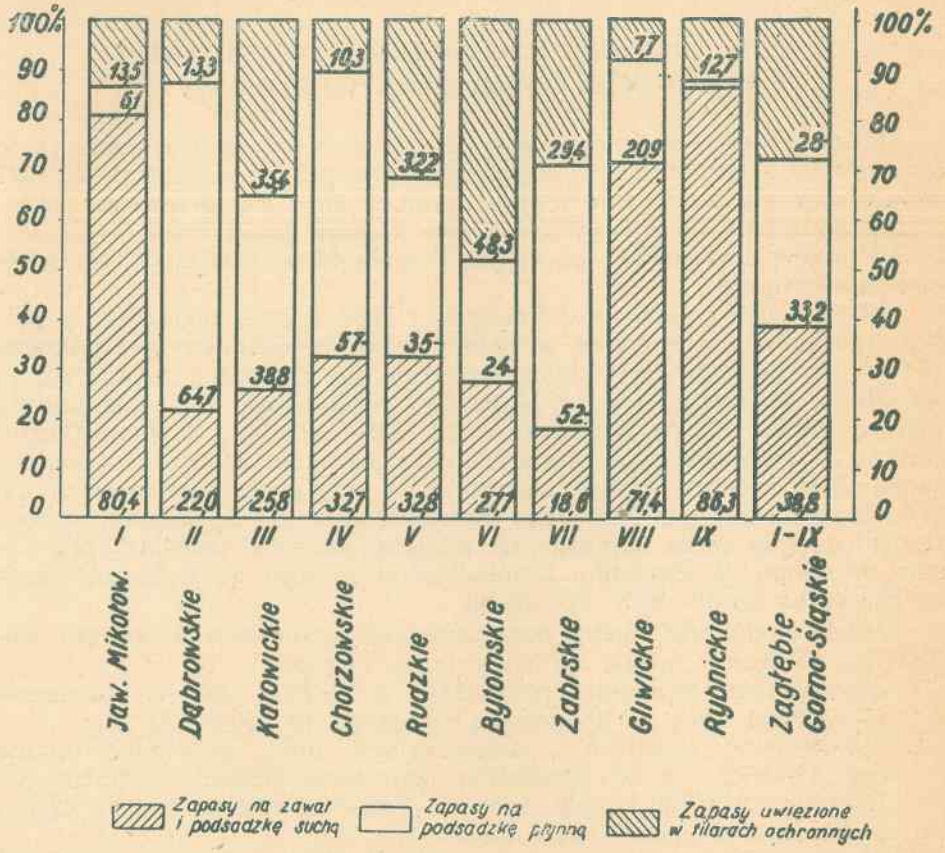
ogółem w przemyśle węglowym	— 0,17 m³	płynnej i	0,07 m³ suchej
w Zagłębiu Górno-śląskim	— 0,18 m³	„ i	0,06 m³ „
w zjednocz. z podsadzką płynną	— 0,30 m³	„ i	0,07 m³ „

Jeżeli odrzucić w zjednoczeniach kopalnie nie stosujące podsadzki płynnej, to w 27 kopalniach tych zjednoczeń stosuje się podsadzkę przeciętnie do 48% wydobycia, przy czym przypada na każdą wydobytą tonę na tych kopalniach 0,38 m³ podsadzki płynnej, a na tonę wydobycia z podsadzką płynną — 0,80 m³ (według statystyki za I półrocze 1947 r.).

Podsadzkę płynną stosuje się dotychczas w polskim górnictwie węglowym przeważnie do eksploatacji pokładów o grubości od 5 m wzwyż,

a także w pokładach średnich przy wybieraniu węgla z filarów ochronnych, wreszcie do specjalnych celów (gaszenie pożarów, bezpieczeństwo itp.).

Zachodzi pytanie, w jakim zakresie powinno się stosować podsadzkę płynną w polskim górnictwie węglowym. Zestawienia zapasów dają cie-



Rys. 84. Rozdział zapasów w procentach w Zagłębiu Górno-śląskim na poziomach istniejących wg zjednoczeń bez uwzględnienia zapasów niepewnych

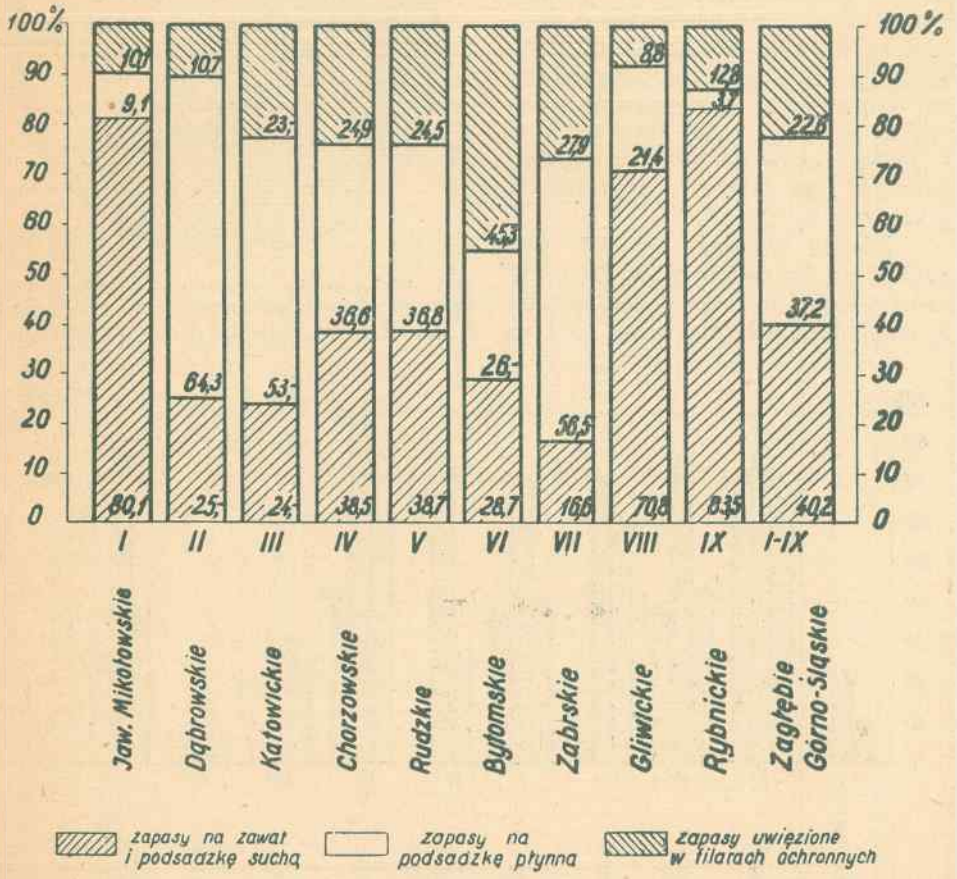
kawe liczby. Rys. 84 przedstawia obraz rozdziału zapasów w procentach w Zagłębiu Górno-śląskim na poziomach istniejących według zjednoczeń. Zestawiono tu trzy grupy zapasów:

1. Zapasy do wybierania na zawał względnie z podsadzką suchą.
2. Zapasy do wybierania z podsadzką płynną, wychodząc z założenia, że pokłady powyżej 3,5 m powinny być podsadzane (zarządzenie władz górniczych z 30. VII. 1938 r.), oraz że mniej ważne filary ochronne można śmiało wybierać z podsadzką płynną.
3. Zapasy uwięzione w filarach ochronnych pod ważnymi obiektami (np. huty, koksownie, elektrownie), miastami itp., co do których nie wiadomo na razie, czy można będzie je wybierać i w jakim procencie.

Z tego wykresu widać, które zjednoczenia i w jakim stosunku powinny prowadzić eksploatację z podsadzką płynną.

Dla całego Zagłębia Górno-śląskiego wypada, że 33,2% zapasów należy wybierać z podsadzką płynną. Jeżeli uwzględnić zapasy uwięzione w filarach ochronnych, procent ten wzrasta do 61,2.

Oczywiście należy zaznaczyć, że nie wszystkie zapasy uwięzione w filarach ochronnych będą wybierane z podsadzką płynną, gdyż w cienkich pokładach będzie można zastosować również inną podsadzkę, ale większość tych zapasów w każdym razie należy zaliczyć do wybierania z podsadzką płynną i wtedy procent takiej eksploatacji w skali całego Zagłębia powinien znajdować się w granicach 33—61%.



Rys. 85. Rozdział zapasów w procentach w Zagłębiu Górno-śląskim na poziomach istniejących i nowych w dziesięcioleciu wg zjednoczeń bez uwzględnienia zapasów niepewnych

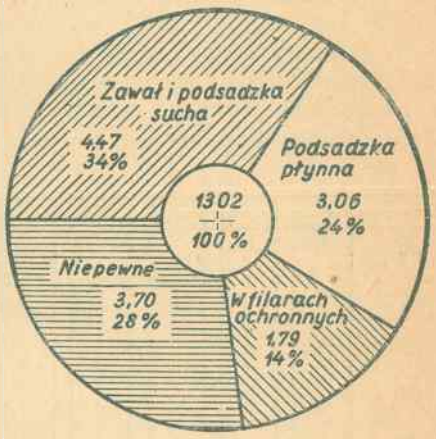
Należy również zauważyć, że pewna część zapasów zaliczonych do wybierania z podsadzką płynną, szczególnie w pokładach 3,5—5 m może być w wielu przypadkach z powodzeniem wybrana na zawał. Niemniej liczby przytoczone nie tracą swej wartości, gdyż niezależnie od zapasów wykazanych w powyższym wykresie jest jeszcze grupa zapasów tzw. nie-

pewnych (około 31,5% zapasów omawianych), z których na pewno znaczna część wymagać będzie podsadzki płynnej.

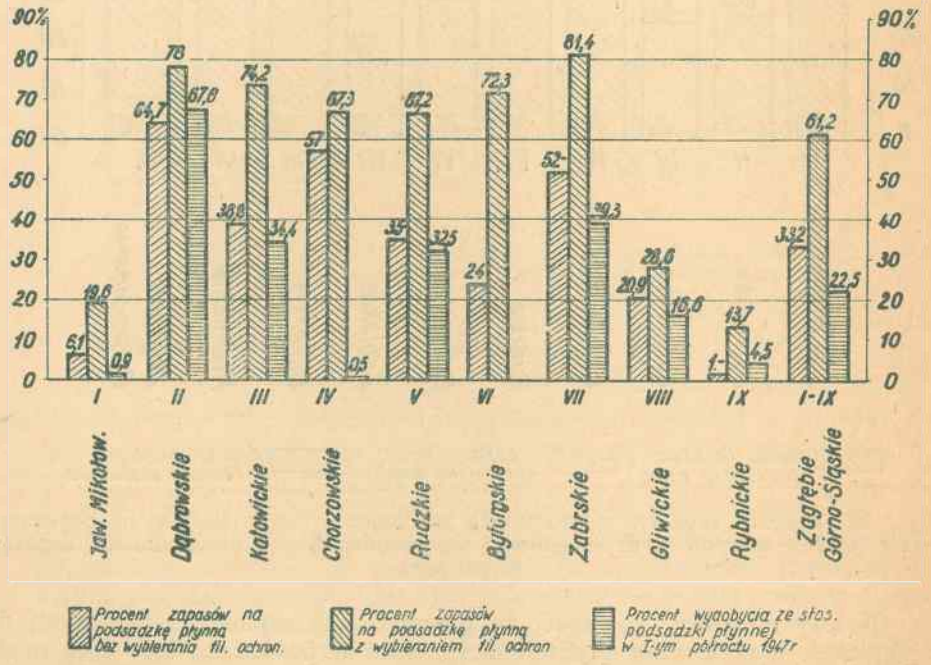
Na rys. 85 pokazano taki sam obraz zapasów na poziomach istniejących i nowych, które albo są już w budowie, albo też będą w ciągu dziesięciolecia zakładane. Liczby na ogół nie wiele się zmieniają. Do wybierania z podsadzką płynną wypada około 37,2% w skali całego Zagłębia, a łącznie z zapasami w filarach ochronnych może dojść do 59,8%.

Jeżeli rzucić okiem jeszcze dalej w przyszłość, to zapasy przewidziane do wybrania z podsadzką płynną, obliczone na tych samych zasadach co poprzednio, na kopalniach istniejących i nowych, do głębokości 1000 m (rys. 86) wynoszą około 24%, z uwzględnieniem zaś filarów ochronnych podnoszą się do 38%.

Można przyjąć, że 38% jest minimum koniecznym w Zagłębiu Górno-śląskim do eksploatacji z podsadzką płynną. Jest to tym



Rys. 86. Zapasy w Zagłębiu Górno-śląskim do 1000 m głębokości na istniejących i zakładanych kopalniach w miliardach t



Rys. 87. Procent zapasów węgla do wybierania ze stosowaniem podsadzki płynnej i procent podsadzenia w I półroczu 1947 r. w Zagłębiu Górno-śląskim na poziomach istniejących

Zapas węgla do wybierania na podsadzkę płynną w Zagłębiu Górno-śląskim na poziomach istniejących i nowych w dziesięcioleciu

Zjednoczenie PW		Poziomy istniejące				Poziomy istniejące + nowe w dziesięcioleciu			Uwagi
		% zapasów na podsadzkę płynną		% zapasów na podsadzkę płynną plus uwięzione w filarach ochronnych	% podsadzania w pierwszym półroczu 1947	% zapasów na podsadzkę płynną		% zapasów na podsadzkę płynną plus uwięzione w filarach ochronnych	
		bez filarów ochronnych	z filarami ochronnymi[1]			bez filarów ochronnych	z filarami ochronnymi[1]		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	Jaworznicko-Mikołowskie	7,0	6,1	19,6	0,9	10,2	9,1	19,2	[1] za 100% przyjęto zapas, jak w kolumnie 3 względnie 7 plus zapas uwięziony w filarach ochronnych
II	Dąbrowskie	74,5	64,7	78,—	67,6	72,—	64,3	75,—	
III	Katowickie	60,—	38,8	74,2	34,4	69,—	53,—	76,—	
IV	Chorzowskie	53,8	38,2	67,3	0,5	48,7	36,6	61,5	
V	Rudzkie	51,6	35,—	67,2	32,5	48,7	36,8	61,3	
VI	Bytomskie	46,7	24,—	72,3	—	47,5	26,—	71,3	
VII	Zabrskie	73,5	52,—	81,4	39,3	77,—	56,5	83,4	
VIII	Gliwickie	22,7	20,9	28,6	16,6	23,—	21,4	29,2	
IX	Rybnickie	1,2	1,—	13,7	4,9	4,2	3,7	16,5	
Razem Zagłębie Górno-śląskie		46,7	33,2	61,2	22,5	47,9	37,2	59,8	
Razem II — VIII		56,5	39,6	69,5	27,8	56,6	42,7	67,2	

bardziej uzasadnione, gdy się zważy, że z 28% zapasów tzw. niepewnych jeszcze znaczna część będzie wymagać podsadzki płynnej, jak to już zaznaczono poprzednio, przy omawianiu zapasów na poziomach istniejących.

W obecnej chwili najbardziej interesujące są zapasy na poziomach istniejących ze względu na rozmiar stosowania podsadzki płynnej i na konieczność przeprowadzenia w szybkim tempie wielkich inwestycji podsadzkowych. W tablicy 4 i na rys. 87 zestawiono liczby obrazujące aktualny stan stosowania podsadzki płynnej i stan, który powinien jak najprędzej zaistnieć z uwagi na rozdział zapasów na istniejących kopalniach.

Zachodzi pytanie, czy będzie odpowiedni materiał podsadzkowy do pokrycia tego zapotrzebowania.

Stan badań geologicznych, popartych wierceniami, pozwala na stwierdzenie, że można liczyć na około 3 miliardy m^3 piasku, jako na zapas pewny w zasięgu (obecnie technicznie dopuszczalnym) kopalń, które powinny stosować podsadzkę płynną. Ponadto około 1 miliard m^3 piasku wymaga jeszcze dokładniejszego zbadania wierceniami. Skład materiału terenów piaskowych przedstawia się z grubsza następująco: piasek czysty około 80%, piasek ze żwirem względnie kamieniem około 16%, humus i piasek z mułkiem około 4%.

Oprócz tego jako dodatek do piasku mogą być użyte wszelkie odpady kopalniane (z sortowni, z płuczki, kamień z dołu).

Ogółem można powiedzieć, że materiał podsadzkowy jest w ilości wystarczającej, ale nie ma go w nadmiarze i z tego powodu trzeba nim rozsądnie gospodarzyć.

Stosowanie podsadzki płynnej w polskim górnictwie węglowym jest zagadnieniem zasadniczym. Wymaga ono we wszelkich szczegółach naukowych badań, których wyniki pozwolą coraz bardziej usuwać techniczne trudności, na jakie napotyka górnictwo przy szerokim stosowaniu podsadzki płynnej.

Literatura

Oznaczenia: P. G-H — Przegląd Górniczo-Hutniczy
P. G. — Przegląd Górniczy
P. T. — Przegląd Techniczny

1. Arbenz, Wprowadzenie podsadzki sposobem zamulania w kopalni Królowa Ludwika w Zabrzu (tłum. T. Waśniewski), P. G-H **10—13**, str. 245 (1907).
2. Battaglia A., Ściśliwość podsadzki i sposoby jej ograniczenia P. G-H **10**, str. 538 (1931).
3. Bokalski K., Nowy sposób odbudowy węgla (kop. Mysłowice) P. T. **5**, str.57 (1902).
4. Benis L., Wykorzystanie urządzeń podsadzkowych, P. G-H **20**, str. 607 (1927).
5. Blitek J., Odbudowa pokładów węgla pod wartościowymi obiektami, P. G-H **1—4**, str. 8 (1932), Odbudowa z zamułką i wrębem, P. G-H **4**, str. 201 (1934), Zarys stanu technicznego Polskiego Przemysłu Węglowego, P. G-H **9**, str. 555 (1936).
6. Biernacki W., Stan i potrzeby Polskiego Przemysłu Węglowego, P. G-H **12**, str. 663 (1938).
7. Breuer T. i Pietraszek W., Sposób przesyłania materiału podsadzkowego w przewodach do zamulenia, P. G-H **5**, str. 269 (1930).

8. Budryk W., Ruch podsadzki płynnej w rurociągach zamulanionych, P. G-H **5—10**, str. 113 (1929), Zjawiska tąpań i zapobieganie ich skutkom, P. G-H **12**, str. 680 (1938), Uproszczony sposób obliczania rurociągów podsadzkowych P. G. **1**, str. 13 (1949), Górnictwo I, Katowice 1947, Odbudowa Górnicza (wykłady dla wyższego dozoru), Analiza systemów odbudowy, str. 74, Katowice 1948.
9. Bunzel, Einiges über die beim Abbau mit Spülversatz in Oberschlesien beobachteten Erdsenkungen, 1914.
10. Cabane, Kilka słów o gaszeniu pożarów kopalnianych za pomocą szlamowania (mulenia), tłum. F. Zalewski, P. G-H **7**, str. 197 (1920).
11. Czeczot H., Wyjątki z orzecznictwa w sprawie pożaru na kopalni Reden, P. G-H **5**, str. 235 (1930).
12. Czermak A., Betriebserfahrungen mit verschiedenen Versatzverfahren im tschechoslowakischen Bergbau, Glückauf **15**, str. 481 (1931).
13. Frycz F., Odbudowa grubych pokładów węgla warstwami poziomymi z podsadzką płynną, P. G-H **6**, str. 295 (1930).
14. Fleischer O., Zur Frage der Umstellung der Abbauverfahren in den oberschlesischen Sattelflözen, Glückauf **10**, str. 153 (1941).
15. Fryczkowski E., Stan kopalń Zabrskiego Zjednoczenia PW, P. G. **4—5**, str. 153 (1945).
16. Galanka J., Uwagi w sprawie urządzeń do podsadzki płynnej, P. G. **1—2**, str.26 (1950).
17. G. R., Opis dotychczasowych doświadczeń nad odbudową grubych pokładów węgla z podsadzką za pomocą zamulania, P. G-H **7**, str. 105 (1903).
18. Jankowski W., Odbudowa ścianowa na grubych pokładach, P. G-H **9**, str. 445 (1930).
19. Jasiński B., Najnowsze postępy w sposobie zamulania robót podziemnych przy odbudowie pokładów węgla, P. G-H **11—12**, str. 291 (1904).
20. Juroff J., Zamulanie w walce z ogniami węglowymi w kopalniach, P. G-H **10**, str. 363 (1913).
21. Kindermann, Die Spülversatzanlagen des Loirebezirks, Glückauf **32**, str. 715 (1932).
22. Krupiński B., Ścianowa odbudowa grubego pokładu węgla, P. G-H **11—12**, str. 279 (1929), Pożar na kopalni Mortimer w czerwcu 1929 r., P. G-H **1**, str. 8 (1930).
23. Kochanowski Z., Zużywanie się rurociągów podsadzkowych, P. G-H **10**, str. 640 (1936).
24. Kwaśniewicz M., Gospodarka podsadzkowa w Polskim Zagłębiu Węglowym, P. G. **6**, str. 250 (1945), Centralne zaopatrzenie w materiał podsadzkowy PW, P. G. **5**, str. 249 (1946), Zagadnienie wprowadzenia jednolitego typu wagonu dla przewozu materiału podsadzkowego, P. G. **7—8**, str. 518 (1947), Zagadnienie najodpowiedniejszej czerparki dla eksploatacji piasku, P. G. **10**, str. 749 (1947), Zasoby piasku na Pustyni Błędowskiej, P. G.**1**, str. 59 (1948), Praktyczny sposób określania wydajności rurociągów podsadzkowych, P. G. **12**, str. 1371 (1948).
25. Luciów L., Stosowanie podsadzki płynnej w pokładach o małej miąższości, P. G-H **8**, str. 382 (1930).
26. Lindemann, Gebirgsschläge und Bodenerschütterungen im westoberschlesischen Steinkohlenbezirk, Kohle und Erz **14—17**, str. 372 (1931).
27. Letcher, Podsadzka płynna w Południowej Afryce (opis urządzenia o wielkiej wydajności), Engineering and Mining World **VI**, (1930).
28. Lück, Die verschiedenartigen Spülleitungen im Versatzbetriebe, Katowice 1910.
29. Miczka F., Betriebserfahrungen mit betongefütterten Eisenblechrohren als Spülversatzleitung, Glückauf **48**, str. 1154 (1934).
30. Michalewski W., Specjalne sposoby [illegible]biania węgla przy zamułce P. G-H **10**, str. 523 (1935).
31. Paulus S., Zwalczanie pożaru w kopalniach węgla za pomocą zamułki szlaką kotłową, P. G. **3—4**, str. 191 (1946).
32. Puetz O., Das Spülversatzverfahren, Katowice 1908.
33. Pogoda W., Budowa tam przeciwpożarowych, Katowice 1948.
34. Rosnowski Z., Wyciąganie stempli z zamulonych wyrobisk przy odbudowie grubych pokładów, P. G-H **16**, str. 478 (1927).
35. Rudnicki B., Pierwsze urządzenie do podsadzki płynnej w kopalni soli kamiennej w Wieliczce, P. G-H **10**, str. 650 (1936).

36. Sielawa W., Podsadzka pneumatyczna, P. G-H 3, str. 158 (1933), Kwestia podsadzki suchej ze szczególnym uwzględnieniem podsadzki dmuchanej w kopalniach dolno-śląskich, P. G. 8—9, str. 489 (1946).
37. Stawicki W., Podsadzka płynna przy odbudowie grubych pokładów węgla, P. G-H 13, 15, 17, 19, 20, str. 467 (1912).
38. Strzeszewski W., Odbudowa ścianowa z podsadzką płynną pokładów o średniej miąższości systemem podwójnych ścian tzn. „Y", P. G-H 11, str. 590 (1932).
39. Schmidt F., Der Spülversatz im Steinkohlen-Tiefbau. Theoretische und praktische Erwägungen für die Anwendung des Spülversatzes im Bergbau. Kohle und Erz 3, str. 76 (1934), Beiträge zur Theorie und Praxis des Spülversatzes. Berg- und Hüttenwesen 1, str. 14 (1933).
40. Seidl K., Der gegenwärtige Stand des Spülversatzverfahrens in Oberschlesien, Katowice, 1913, Das Spülversatzverfahren in Oberschlesien, Zeitschr. d. O/S B. u. H. M. V. 1—3, str. 66 (1911).
41. Spackeler G., Die Technische Entwicklung des grossoberschlesischen Steinkohlenbergbaues, Glückauf 37—39, str. 497 (1940).
42. Smolarski A., Problemy podsadzkowe Rudzkiego Zjednoczenia PW, P. G. 2, str. 110 (1946).
43. Todleben J., Wzory Leroy dla urządzeń podsadzki płynnej P. G-H 11—13, str. 720 (1924).
44. Tyszka A., Wyniki rocznej próby stosowania podsadzki płynnej na kopalni Kazimierz, P. G-H 3—5, str. 61 (1905), Odbudowa grubych pokładów węgla na dwie warstwy, P. G-H 2—3, str. 33 (1910).
45. Turkiewicz W., Odbudowa ścianowa cienkiego pokładu z zamułką na kopalni Ema, P. G-H 7, str. 452 (1936)
46. Urban J., Przykład zwalczania większego ognia kopalnianego za pomocą podsadzki płynnej, P. G-H 7, str. 334 (1930), Ognie kopalniane spowodowane ciśnieniami, P. G-H 2, str. 71 (1933).
47. Wachsmann, Das neue Schlammersatz-Verfahren beim oberschlesischen Steinkohlenbergbau, Stahl- und Eisen 2, str. 109 (1903).
48. Williger G., Scheibenförmiger Abbau mächtiger Flötze unter Anwendung von Versatz mittels Wasserspülung auf dem Steinkohlenbergwerk Myslowitz, Zeitschr. d. O/S B. u. H. M. V. 12, str. 515 (1901), Etagenabbau mächtiger Flötze mit Sandspülversatz, Zeitschr. d. O/S B. u. H. M. V. 10, str. 363 (1905).
49. Winnacker, Gutachtliche Zusammenfassung der Vorarbeiten für eine gemeinsame Sandversorgung des oberschl. Industriebezirks, 1941, drukowane jako manuskrypt, Untersuchung des günstigsten Abbauverfahrens bei der Hereingewinnung mächtiger Flötze in Oberschlesien, 1941, drukowane jako manuskrypt.
50. Wietrzny B., Podsadzka płynna w kopalni soli potasowej w Kałuszu,, P. G-H 4, str. 243 (1936).
51. Zalewski F., Nowości w dziedzinie urabiania i podsadzania, P. G-H 7, str. 309 (1935.)
52. Zalewski F. i Zarosły T., Ścieralność porcelany w rurach podsadzkowych, P. G-H 5, str. 309 (1938). Monografia Górnictwa Polskiego Zagłębia Węglowego — Tom I, Sposoby odbudowy pokładów węgla — Katowice 1935.

PODSADZANIE WYROBISK