

Mgr inż. Nolywajka Waldemar  
Mgr inż. Olbrich Piotr  
Mgr inż. Urbańczyk Jan

ANALIZA KONSTRUKCJI STOSÓW UPODATNIAJĄCYCH STOSOWANYCH  
DLA ZABEZPIECZENIA RURY SZYBOWEJ PODCZAS EKSPLOATACJI  
FILARÓW OCHRONNYCH

**Streszczenie.** W pracy przeprowadzono analizę konstrukcji stosów drewnianych stosowanych dla upodatnienia obudowy szybowej. Omówiono zagadnienia konstrukcyjne decydujące o współpracy stosów z obudową szybu oraz przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych ze stosami drewnianymi. W oparciu o uzyskane wyniki badań podano konkretne zalecenia dotyczące konstrukcji stosów drewnianych służących do zabezpieczenia rury szybowej.

### 1. Wstęp

Konieczność eksploatacji filarów ochronnych spowodowała powstanie szeregu poglądów na sposób zabezpieczenia obudowy szybów i szybków przed deformacjami, jakie powstają podczas eksploatacji pokładów w filarach ochronnych. Podstawową metodą, najczęściej spotykaną w praktyce górniczej, jest zabezpieczenie polegające na upodatnieniu obudowy szybu w miejscu prowadzonej eksploatacji, na kontakcie obudowy z pokładem, za pomocą stosów drewnianych. Jak dowodzi praktyka, zabezpieczenie to jest proste i skuteczne, niemniej jednak ważnym problemem jest ustalenie czy dany stos, o określonej konstrukcji, posiada właściwą ściśliwość przy równoczesnym zachwaniu odpowiedniej podporności. Istnieje bowiem możliwość, że w trakcie procesu deformacji okaże się, że ściśliwość stosu jest zbyt duża, a podporność zbyt niska. Wobec tego, aby zapewnić najwłaściwszą współpracę obudowy szybu ze stosami upodatniającymi, koniecznym jest dokonanie analizy konstrukcji szeroko stosowanych stosów drewnianych, celem zaznaczenia ich najkorzystniejszych rozwiązań konstrukcyjnych i wyciągnięcia dalszych wniosków o praktycznym znaczeniu dla przyszłych tego rodzaju zabezpieczeń.

### 2. Czynniki wpływające na właściwą współpracę stosów upodatniających z obudową szybu

Stosy, jako element konstrukcyjny profilaktycznie zabezpieczający obudowę szybu i wyrobisk przyszybowych w trakcie eksploatacji przyszybowego filaru ochronnego, to elastyczna konstrukcja o określonym stopniu podatności i podporności, wykonana najczęściej z drewna lub innego materiału, którą

wypełnia się wyłom w obudowie szybu na poziomie eksploatowanego pokładu. O właściwej pracy stosu decyduje odpowiednia współzależność funkcyjna, tzn. odpowiednia proporcjonalność między podpornością stosu a jego ściśliwością, ale w granicach naprężeń nie większych od dopuszczalnych na ściskanie dla muru obudowy.

Najkorzystniejsza jest taka konstrukcja stosu, którego podporność jest zbliżona do dopuszczalnej granicznej wartości naprężeń na ściskanie dla muru szybowego, a po której osiągnięciu stos momentalnie odkształca się, ulegając częściowemu zaciągnięciu o określoną wartość.

O odpowiedniej sile oporu stosu na obudowę szybu i stropu pokładu w bezpośrednim sąsiedztwie szybu, czyli o podporności roboczej stosu, decydują: rodzaj drewna, sposób jego obrobienia, wymiary poprzeczne drewna, wilgotność drewna, sposób obciążenia z uwzględnieniem przyrostu nacisku w czasie, wielkość powierzchni styków drewna w sąsiednich warstwach, stopień wypełnienia stosów drewnem i konstrukcja stosu. Za najważniejsze jednak czynniki, które głównie decydują o podporności stosu, uznać należy: rodzaj drewna, konstrukcję stosu i wymiary poprzeczne drewna. Przy pojęciu podporności roboczej stosu należy rozróżnić dwa przypadki obciążenia: obciążenie statyczne i dynamiczne. Ogólnie obciążenia statyczne i dynamiczne kształtują się według następującej zależności:

$$P = f(t)$$

gdzie:

P - wielkość obciążenia

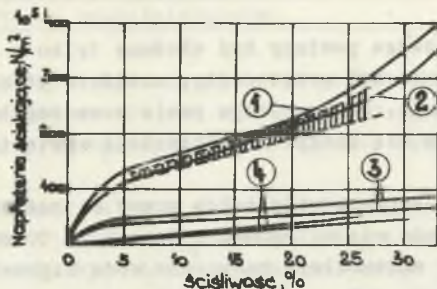
t - czas trwania obciążenia

Obliczona z tego równania pochodna  $\frac{dP}{dt}$ , przedstawiająca przyrost obciążenia w czasie, jest wielkością stałą przy obciążeniach statycznych. Natomiast przy obciążeniach dynamicznych  $\frac{dP}{dt}$  zbliża się do wartości nieskończone nie dużej. W praktyce oddziaływanie górotworu na stosy zbliżone jest najczęściej do obciążenia statycznego, chociaż nie wyklucza się możliwości przypadku obciążenia dynamicznego.

## 2.1. Wymagane właściwości mechaniczne drewna

Zasadniczy wpływ na własności mechaniczne drewna posiadają: anizotropia, wilgotność drewna, ciężar właściwy, procentowy stosunek drewna wczesnego do późnego i wady drewna. Spośród stosowanego drewna sosnowego, jodłowego, bukowego i dębowego - jako materiału konstrukcyjnego stosów, ze względu na właściwości mechaniczne, a szczególnie naturalną ściśliwość i elastyczność, najczęściej używa się drewna sosnowego rys. 1 (3).

- Anizotropowy charakter drewna, szczególnie rozwinięty wśród drzew iglastych, decyduje o odpowiednim ułożeniu elementów konstrukcyjnych stosu w stosunku do działania siły.

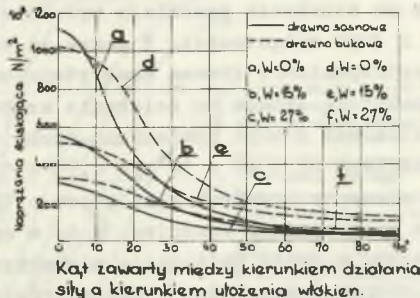


Rys. 1. Wpływ rodzaju drewna na podporność stosu

1 - drewno dębowe, 2 - drewno bukowe, 3 - drewno sosnowe, 4 - drewno z zużytych podkładów kolejowych

Wytrzymałość krajowego drewna sosnowego na ściskanie wzdłuż włókien, przy wilgotności 15% - drewno powietrzno- suche - waha się od 272 do 555 średnio  $422 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  (5), przy czym graniczne wartości pochodzą: górna od strefy zbliżonej do kory, dolna od strefy rdzenia pnia. W miarę obniżania się wilgotności drewna wzrasta różnica w wytrzymałości na ściskanie między środkową a obwodową partią pnia, drewna, dochodząca nawet do  $200 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ . Natomiast wytrzymałość drewna na ściskanie statyczne prostopadle do włókien wynosi dla drewna sosnowego zaledwie od 13 do 22% wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien, tzn. średnio  $74 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  (5).

Dla porównania wytrzymałość na ściskanie dla muru z cegły marki 350 na zaprawie cementowej 1 : 3 marki 80 wynosi: wytrzymałość obliczeniowa  $69 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ , a dopuszczalna  $27 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ .



Rys. 2. Wpływ naprężeń ścisających na drewno sosnowe i bukowe w zależności od kierunku działania obciążenia i wilgotności drewna

Wytrzymałość na zginanie statyczne, styczne i promieniowe drewna sosnowego o wilgotności 15% wynosi: styczne -  $623 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ , promieniowe -  $769 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  (5).

Zależność między kierunkiem ułożenia włókien w drewnie i kierunkiem działania obciążenia na wytrzymałość na ściskanie została przedstawiona na rys. 2. Im większy jest kąt między kierunkiem obciążenia a kierunkiem ułożenia włókien w drewnie, tym mniejsza jest wytrzymałość na ściskanie. A zatem ele-

menty konstrukcyjne stosu powinny być ułożone tylko w ten sposób, aby kierunek włókien w drewnie był prostopadły, możliwie promieniowy, do kierunku działania obciążenia. W przeciwnym razie w szczególnym przypadku konstrukcji stosu trzeba się liczyć z możliwością wystąpienia zbyt dużej podporności.

- Trwałość stosów i charakterystyki ich pracy są uzależnione od wilgotności drewna. Zmniejszenie się wilgotności drewna od 10% do 0% powoduje wzrost jego kruchości. Przy maksymalnym nasyceniu wodą higroskopijną, tj. w 26 do 32%, w porównaniu z wytrzymałością drewna powietrzno-suchego, następuje, dla drzew iglastych, zmniejszenie wytrzymałości: przy ścisaniu wzdłuż włókien o 45 do 50%, prostopadle do włókien może nawet przekroczyć 45%, przy zginaniu o 25 do 35%, natomiast nieznacznie przy rozciąganiu. Drewno z większą zawartością wilgoci wykazuje większą sprężystość; elementy zginane o większej wilgotności, po odciążeniu, wykazują mniejsze ugięcie, aniżeli elementy powietrzno-suche. Jednak konstrukcje drewniane mocno zawilgocone pracują pod tym samym obciążeniem zdecydowanie krócej niż te same konstrukcje z drewna powietrzno-suchego. Silnie destrukcyjnie działają na drewno wody zakwaszone, szczególnie o pH od 0 do 3, powodując rozpuszczenie i ubytek substancji drzewnej, obniżając zarazem jego parametry wytrzymałościowe. Pod wpływem tych wód wytrzymałość drewna na zginanie ulegć może zmniejszeniu o 20%, na ściskanie od 30 do 40% (4). Podatność drewna na działanie destrukcyjne wód kopalnianych, grzybów, należy zmniejszyć przesycając drewno preparatami zabezpieczającymi przed wilgocią i nie obniżającymi zarazem własności wytrzymałościowej drewna.

- Wytrzymałość drewna na ściskanie pozostaje wyraźnie w związku z ciężarem właściwym drewna i jego wilgotności. W parze ze wzrostem ciężaru właściwego idzie wzrost wytrzymałości drewna oraz stopniowe zmniejszenie się różnic między wytrzymałością drewna na ściskanie wzdłuż i prostopadle do włókien. Zaleca się stosować drewno powietrzno-suche (od 15 do 20% wilgotności) o ciężarze właściwym od  $0,40 \times 10^4$  do  $0,55 \times 10^4$  ( $N/m^3$ ).

Wskazane jest aby elementy konstrukcyjne stosu o tych samych wymiarach posiadały możliwie te same ciężary właściwe, a to w celu wyeliminowania różnic podporności stosu, a także uniknięcia niekorzystnego "skręcenia" stosu wynikającego z różnic podporności w płaszczyźnie stosu.

- Istotne znaczenie posiada zmienność wytrzymałości na ściskanie w przekroju poprzecznym pnia. Różnica wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien, jak już wspomniano powyżej, dochodzi dla drewna bardzo suchego do  $200 \times 10^5 N/m^2$ . Podobnie duże zróżnicowanie dochodzące średnio do  $30 \times 10^5 N/m^2$  występuje przy naprężeniach ścisających prostopadle do włókien.

Ważne jest by drewno pochodziło z tej samej partii pnia. Elementy konstrukcyjne z różnych partii przekroju poprzecznego pnia różnią się znacznie naturalną ściśliwością,

- Wady drewna: sęki, skręty włókien, zawoje, próchnica, wgnioty, pęknięcia itp. zmieniają bardzo poważnie jego parametry wytrzymałościowe na nie-

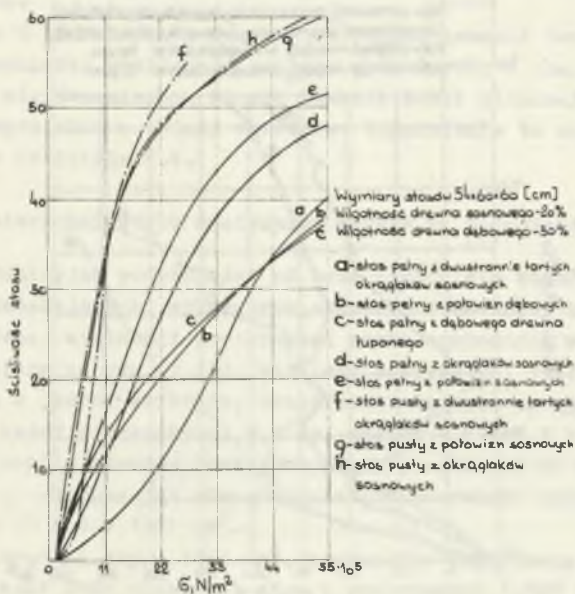
korzyść. Szczególnie wpływ sęków nie może być pominięty. Przeprowadzone zostały badania (4) o kształtowaniu się wytrzymałości drewna sosnowego na ściskanie wzdłuż włókien, w zależności od wielkości sęków w elemencie drzewnym.

Porównawczym wskaźnikiem sęków w elemencie drzewnym był stosunek największej średnicy sęku do szerokości lub grubości elementu drzewnego. Gdy średnica największego sęku wynosiła  $\frac{1}{5}$  szerokości belki sosnowej, wtedy wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien wynosiła  $175 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ . Gdy zaś sęk wynosił  $\frac{2}{5}$  do  $\frac{3}{4}$  szerokości belki sosnowej, wówczas wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien spadła prawie o 50%.

Stwierdzone wady naturalne lub nabyte drewna powinny zostać usunięte poprzez wyłączenie danego drewna z grupy materiału konstrukcyjnego.

## 2.2. Wpływ obróbki i wymiarów poprzecznych drewna na pracę stosu

Jednym z kryteriów mających zasadniczy wpływ na podporność stosu jest sposób obrobienia i wymiary poprzeczne drewna. Na rys. 3 (3), przedstawio-



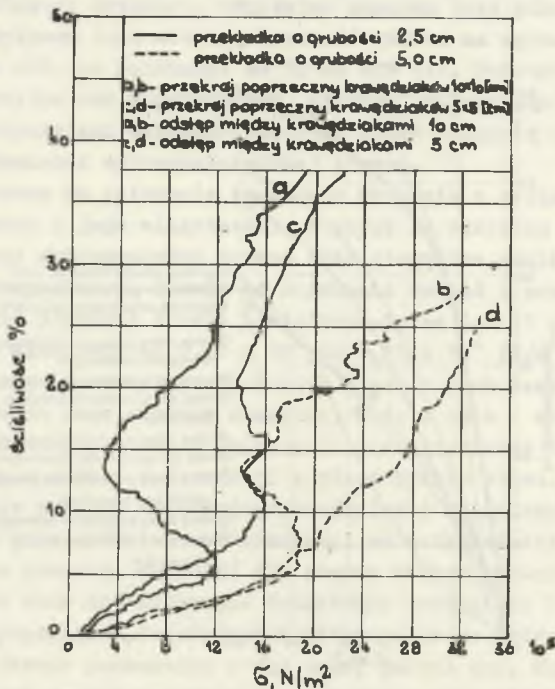
Rys. 3. Wpływ obróbki drewna na charakterystyki pracy stosów

a - stos pełny z dwustronnie tartych okraglaków sosnowych, b - stos pełny z połowizn dębowych, c - stos pełny z dębowego drewna lupanego, d - stos pełny z okraglaków sosnowych, e - stos pełny z połowizn sosnowych, f - stos pusty z dwustronnie tartych okraglaków sosnowych, g - stos pusty z połowizn sosnowych, h - stos pusty z okraglaków sosnowych

no charakterystyki pracy ośmiu pełnych stosów, o tych samych wymiarach konstrukcyjnych, wykonanych dla porównania z drewna sosnowego i dębowego, obrobionego w postaci: połowisz, okrągłaków, drewna łupanego (przekrój poprzeczny zbliżony do trójkąta) oraz s okrągłaków dwustronnie tartych. Z rys. wynika, że nie ma zasadniczej różnicy w charakterystyce pracy stosów dębowych wykonanych z połowisz i drewna łupanego, szczególnie wtedy, gdy stosy uległy już w 30% saciśnięciu (krzywa b,c).

Podobna sytuacja jest w przypadku stosów sosnowych wykonanych z połowisz i okrągłaków (krzywa g, h).

Przeciwnieństwem tych dwóch przypadków są charakterystyki pracy stosu pełnego sosnowego wykonanego z dwustronnie tartych okrągłaków a charakterystyką pracy stosu sosnowego pustego (krzywa ,a, f). Nie zaleca się stosować drewna: łupanego, okrągłaków i połowisz. Drewno to przy saciskaniu stosów wykazuje małą wytrzymałość na ściskanie (szczególnie łupane i połowiszny), ma tendencję, ze względu na swój kształt, do łatwego wysuwania się poza stos, ponadto w przypadku drewna łupanego trudno uzyskać te same wymiary poprzeczne, a tym samym równomierną płaszczyznę podparcia stosu.



Rys. 4. Wpływ grubości przekładki na charakterystykę pracy stosu

Z uwagi na trwałość stosów, pracujących zwykle w warunkach dużego zawilgocenia, wymiary poprzeczne drewna nie mogą być zbyt małe, choć z badań laboratoryjnych nad podpornością stosów, przeprowadzonych na modelach i

uzupełnionych obserwacją stosów w szybie wynika, że już drewno w wymiarach poprzecznych 2,5 x 2,5 (cm) może mieć, na równi z drewnem grubszym, zastosowanie w praktyce. Okazuje się, że przy stosunkowo niedużym nacisku struktura drewna sosnowego zostaje zniszczona, traci ona swoistość i dalsze zaciskanie stosu praktycznie nie zależy już od grubości drewna. Wymiary poprzeczne, w szczególności wysokość elementu drzewnego, mają znaczny wpływ na wytrzymałość na zginanie. Drewno o małych przekrojach wykazuje zawsze wyższą wytrzymałość na  $\text{cm}^2$  od drewna o większych wymiarach poprzecznych. Stwierdzona porównawcza wytrzymałość na zginanie statyczne, dla kwadratowych przekrojów o wymiarach 5 x 5 (cm) i 10 x 10 (cm), jest w drewnie iglastym średnio o 20% mniejsza dla belek 10 x 10 (cm) niż w belce o wymiarach 5 x 5 (cm). Poza tym drewno o przekroju kwadratowym lub prostokątnym wykazuje mniejszą wytrzymałość na zginanie niż drewno o identycznej powierzchni, ale z bokami z natury okrągłymi. Między warstwami krawędziaków stosujemy przekładkę z desek wtedy, gdy wymagamy od stosu większej ściśliwości. Grubość przekładki decyduje o elastyczności konstrukcji, im grubsza przekładka, tym większych potrzeba naprężeń ściskających, by uzyskać odpowiednią ściśliwość stosu, rys. 4. W praktyce najczęściej stosuje się przekładkę o grubości od 2 do 2,5 cm. Wskazane jest, aby deski przekładki były możliwie tej samej szerokości, wtedy strzałki ich ugięcia są równe.

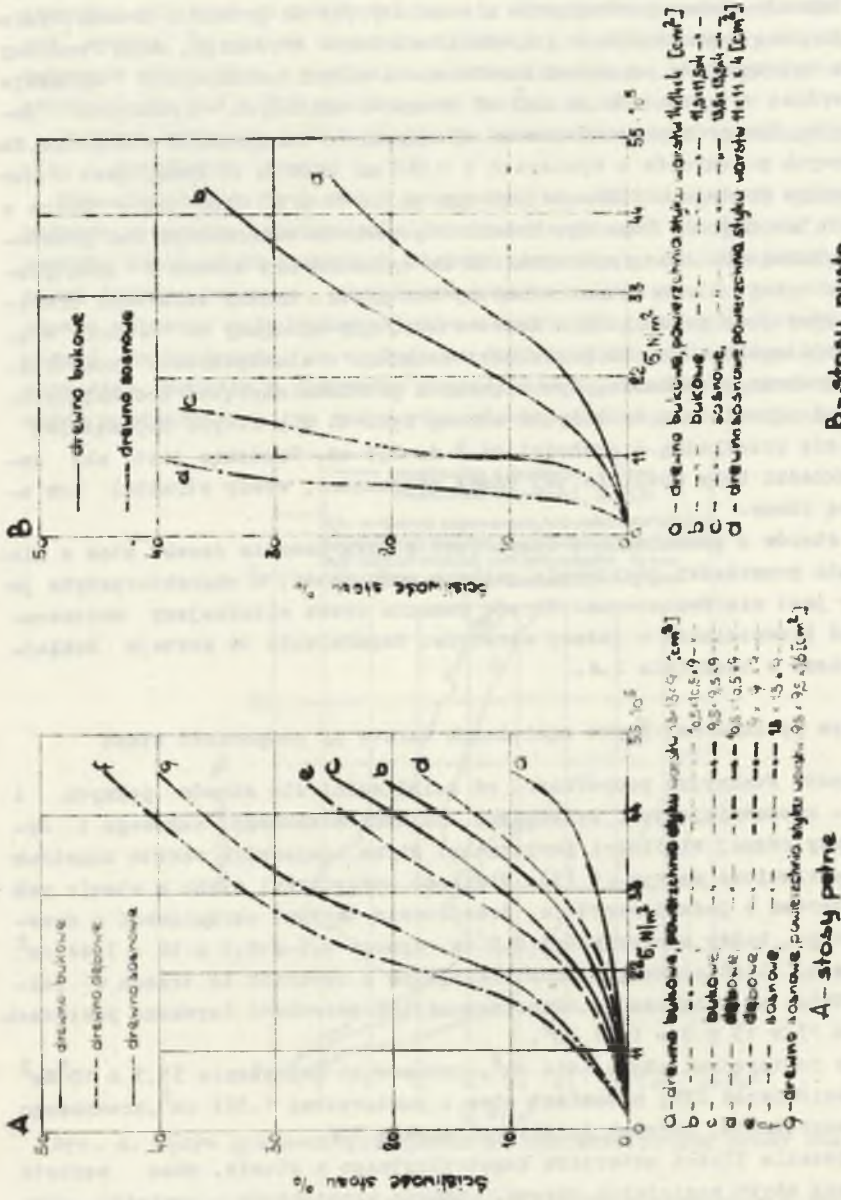
Wadą stosów z przekładką z desek jest strefa łamania desek: stos w miarę łamania przekładki gwałtownie zatracą podporność, a charakterystyka jego pracy jest nierównomierna. Strefę łamania desek eliminujemy zwiększając ilość krawędziaków w jednej warstwie. Zagadnienie to zostaje dokładnie omówione w rozdziale 2.4.

### 2.3. Wpływ powierzchni styku sąsiednich warstw na podporność stosu

Zależność funkcyjna podporności od ściśliwości dla stosów pełnych i pustych - upodatniających, wykonanych z drewna sosnowego, bukowego i dębowego przy różnej wielkości powierzchni styku sąsiednich warstw konstrukcji, przedstawiono na rys. 5 (3). Wielkość powierzchni styku w stosie pełnym z czterema w jednej warstwie, dwustronnie tartymi okrągłakami z drewna sosnowego, każdy o szerokości 9,5 cm, wynosi  $9,5 \times 9,5 \times 16 = 1444 \text{ cm}^2$ . Zmniejszając ilość elementów konstrukcyjnych z czterech do trzech w jednej warstwie, a zwiększając równocześnie ich szerokość uzyskano powierzchnię styku  $13 \times 13 \times 9 = 1521 \text{ cm}^2$ .

Stos o powierzchni styku  $1444 \text{ cm}^2$ , przenosząc naprężenia  $33,3 \times 10^5 \text{ Nm}^2$  uzyskał ściśliwość 22%; natomiast stos o powierzchni  $1.521 \text{ cm}^2$ , przenosząc te same naprężenia, uzyskał ściśliwość prawie 30%.

Zmniejszenie ilości materiału konstrukcyjnego w stosie, mimo wzrostu płaszczyzny styku sąsiednich warstw, stwarza konstrukcję bardziej elastyczną. Jeżeli jednak ilość elementów konstrukcyjnych w jednej warstwie zostaje niezmienną a zmniejszamy jedynie ich szerokość, wtedy podporność stosów stopniowo się obniża, a wzrasta ich ściśliwość.



Rys. 5. Wpływ powierzchni styku sąsiednich warstw na podporność i ścisłość stopy



Porównując stosy sosnowe puste z pełnymi, o tych samych wymiarach konstrukcyjnych, stwierdzić można, że zmniejszenie powierzchni styku dwóch warstw o około  $\frac{1}{3}$  prowadzi przy tych samych naprężeniach ściskających, do uzyskania ponad trzy razy większej ściśliwości stosu.

Optymalna powierzchnia styku, dla drewna sosnowego, przy obciążeniu około 100 ton, wynosi około 1400 do 1500 cm<sup>2</sup> tzn., że stos wykonany z drewna o przekroju poprzecznym 5 x 5 (cm) ułożony na "krzyż", powinien posiadać w jednej warstwie 6 do 8 krawędziaków. Natomiast stos wykonany z drewna o przekroju poprzecznym 10 x 10 (cm), również układany na "krzyż", powinien posiadać w jednej warstwie 4 do 5 krawędziaków.

Przy szerokości pojedynczego krawędziaka 14 cm i przy całkowitej powierzchni styku równej w przybliżeniu 800 cm<sup>2</sup> ściśliwość stosu z drewna bukowego wynosi 25% dopiero przy obciążeniu około 200 ton, czyli przy 250 x 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>; natomiast przy drewnie sosnowym tę samą ściśliwość osiąga się przy około 67 x 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>.

#### 2.4. Wpływ odstępu między elementami konstrukcyjnymi - krawędziakami na podporność stosu

O sposobie pracy stosu decyduje bezpośrednio odstęp między krawędziakami zarówno przy układaniu ich względem siebie "na krzyż", czy też przy zastosowaniu przekładki deskowej. W praktyce (w konstrukcjach z przekładką deskową) krawędziaki układane są bądź bezpośrednio nad sobą - pracują wtedy podobnie jak słup, lub też są względem siebie przesunięte. Podobnie, jak stosy z przekładką deskową, wykonuje się stosy z samych krawędziaków. Przeprowadzone badania nad ustaleniem optymalnych odstępów rys. 6a, 6b potwierdzają, że wzrost odstępów obniża zdecydowanie podporność stosu.

Porównano pracę stosów o tych samych wymiarach, wykonanych z drewna sosnowego o przekroju poprzecznym 5 x 5 (cm), w których zróżnicowano odstępy krawędziaków. Odstępy wynosiły 10, 5, 2,5 cm. Odstępy 10 cm powodowały "wydłużenie" tzw. strefy łamania przekładki deskowej. Na odcinku wzrostu naprężeń od 8 x 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup> do około 12 x 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup> stos odkształcił się prawie o 12 cm, co stanowi 30% jego wielkości początkowej.

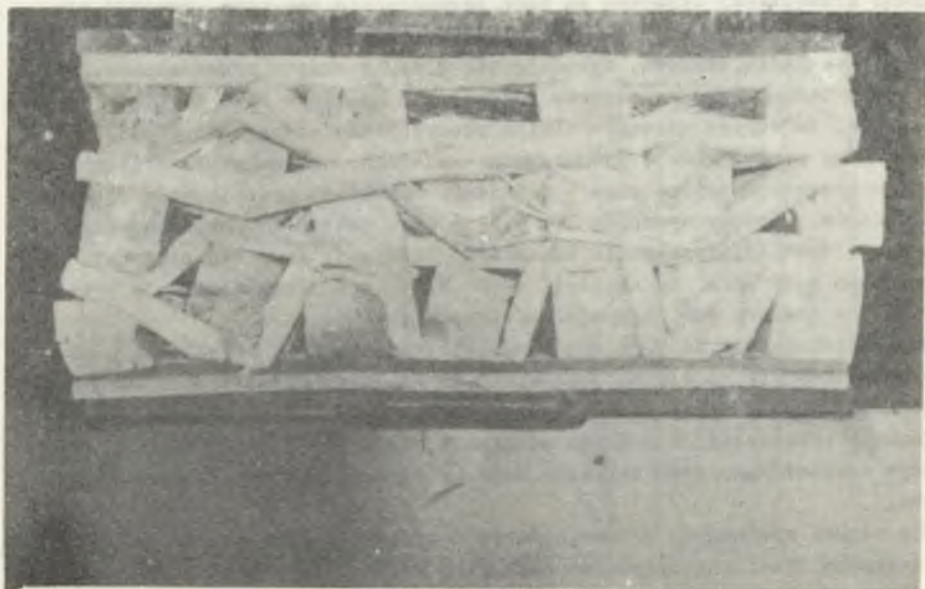
Skrócenie odstępu do 5 cm zmniejszyło strefę łamania przekładki o około 5 cm w stosunku do stosu o odstępach 10 cm, przy czym wzrosła wyraźnie podporność stosu. Dalsze zmniejszenie odstępów do 2,5 cm eliminuje strefę łamania przekładki, do momentu uzyskania naprężeń 32 x 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>. Przy dalszym wzroście naprężeń zauważyć można nieznaczną strefę łamania przekładki.

Dla stosów wykonanych z krawędziaków o przekroju poprzecznym 5x5 (cm), z przekładką drewnianą, optymalna odległość między krawędziakami wynosi 3 do 4 cm, przy czym wskazane jest stosować konstrukcję w której krawędziaki są względem siebie przesunięte.

Optymalna odległość między krawędziakami o przekroju 10x10 cm wynosi

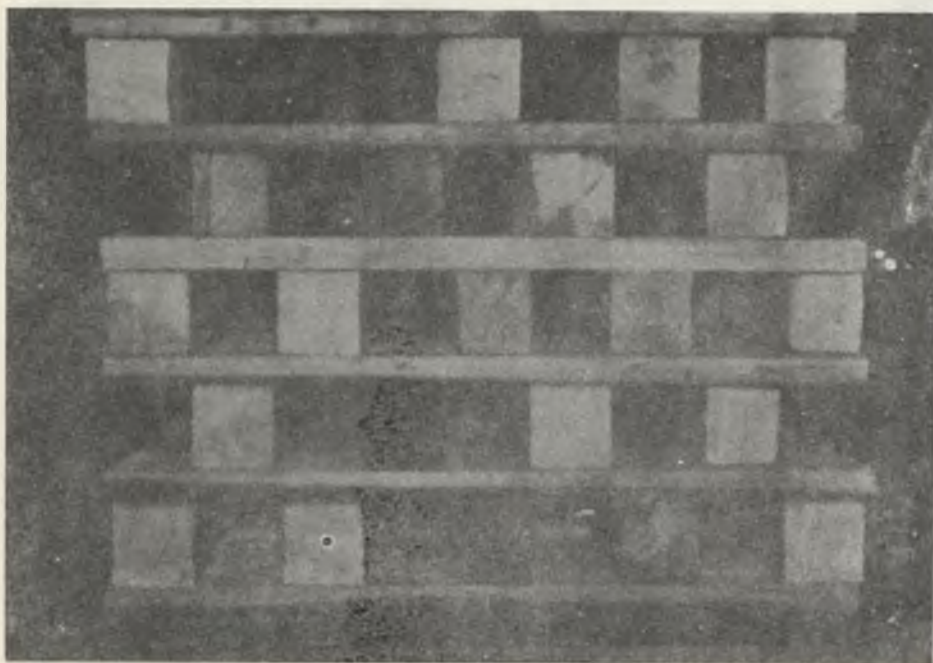


a - przed badaniem



b - po zdeformowaniu

Rys. 6a. Stosy sosnowe z przekładką deskową o odstępach między krawędziami 10, 5, 2,5 cm

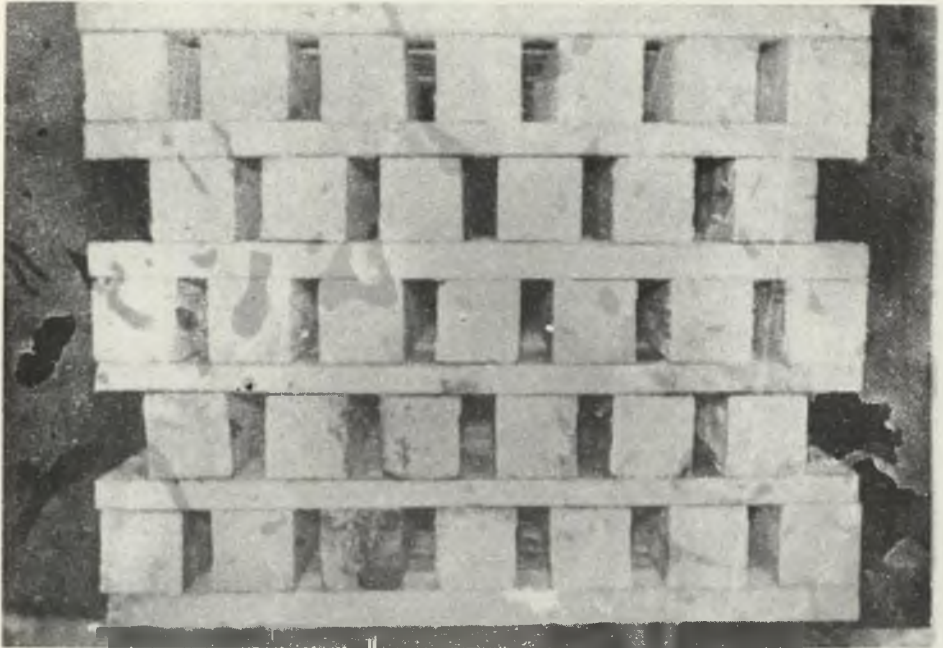


a - przed badaniem

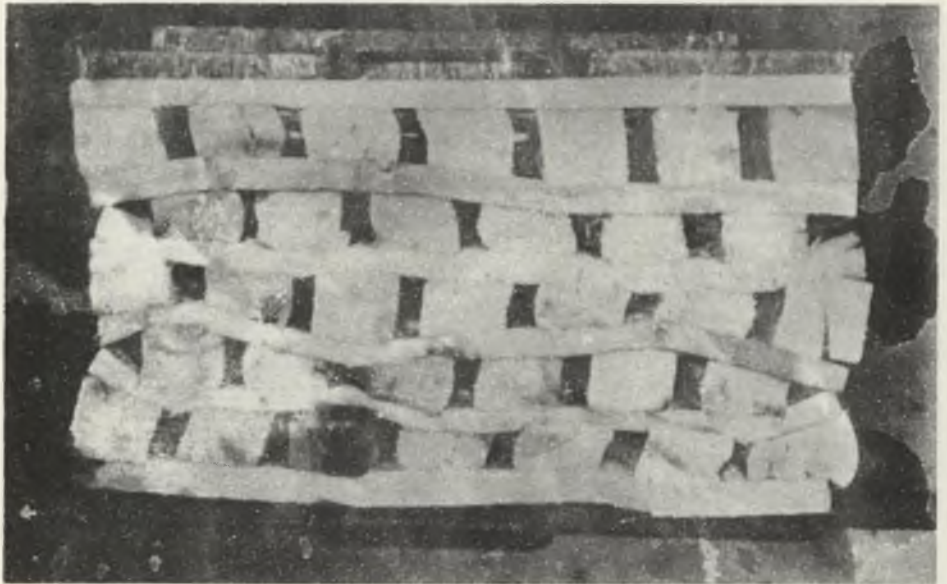


b - po zdeformowaniu

Rys. 6a. Stosy sosnowe z przekładką deskową o odstępach między krawędziami 10, 5, 2,5 cm

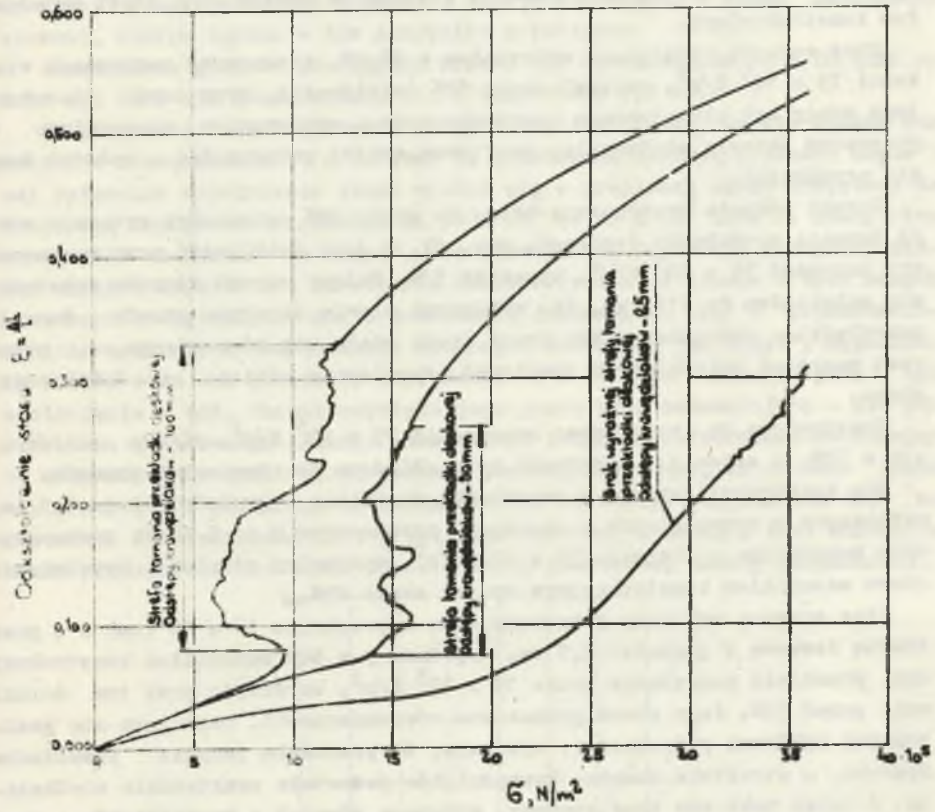


a - przed badaniem



b - po sdeformowaniu

Rys. 6a. Stosy sosnowe z przekładką deskową o odstępach między krawędziami 10, 5, 2,5 cm



Rys. 6b. Zależność  $\tau = f(\epsilon)$  dla stosów sosnowych przedstawionych na rys. 6a przy różnych odstępach krawędziaków

## 2.5. Wpływ stopnia wypełnienia stosu drewnem na jego podporność

Analizując stopy o konstrukcji przedstawionej na rys. 6a, stwierdzono wyraźny związek między podpornością a stopniem wypełnienia stosu materiałem konstrukcyjnym.

Stos sosnowy wypełniony materiałem w 52,5%, przenosząc naprężenia wielkości  $35 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ , uzyskał około 55% ścisłości, przy czym charakter jego pracy był zdecydowanie nierównomierny - występowały, szczególnie w pierwszym okresie obciążenia, gwałtowne saniki podporności - wskutek łamania przekładki.

Wzrost stopnia wypełnienia stosu do około 59% ograniczył wydatnie strefę łamania przekładki deskowej, rys. 6b, a jego ścisłość przy przenoszeniu naprężeń  $35 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ , wynosiła 50%. Dalszy wzrost stopnia wypełnienia materiałem do 71% rys. 6b, wykluczył prawie zupełnie strefę łamania przekładki; charakterystyka pracy stosu stała się równomierna, a przyrost naprężeń ściskających znajdował odpowiednie odbicie w ścisłości stosu.

Konstrukcja ta, przenosząc naprężenia  $35 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ , uległa saccinieniu w 30%, a zatem jej podatność była zbliżona do stawianych wymogów.

Dla konstrukcji stosów z przekładką drewnianą o grubości około 2,5 cm, wykonanych z krawędziaków o przekroju poprzecznym  $5 \times 5$  (cm), przenoszących maksymalne naprężenia  $35 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ , optymalny stopień wypełnienia stosu materiałem konstrukcyjnym wynosi około 65%.

Stos sosnowy wykonany z krawędziaków o przekroju  $10 \times 10$  (cm) i z przekładką deskową o grubości 2,5 cm, wypełniony w 50% materiałem konstrukcyjnym, przenosił naprężenia około  $10 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ , uzyskując przy tym ścisłość ponad 50%. Jego praca pozbawiona równomierności, cechująca się gwałtownymi spadkami podporności, wykazała, że pracowała jedynie przekładka deskowa, a struktura drzewna krawędziaków pozostała praktycznie nietknięta. Z kolei taki sam stos sosnowy, wykonany również z krawędziaków o przekroju poprzecznym  $10 \times 10$  (cm), ale z przekładką deskową grubości 5 cm, wypełniony materiałem konstrukcyjnym w 70%, przenosząc naprężenia  $20 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ , uzyskał ścisłość 25%. Praca tej konstrukcji również jest pozbawiona równomierności - występowały (w wyniku gwałtownego łamania przekładki deskowej) duże spadki podporności. Zarówno przekładka, jak i krawędziaki w wyniku ściskania stosu uległy zniszczeniu.

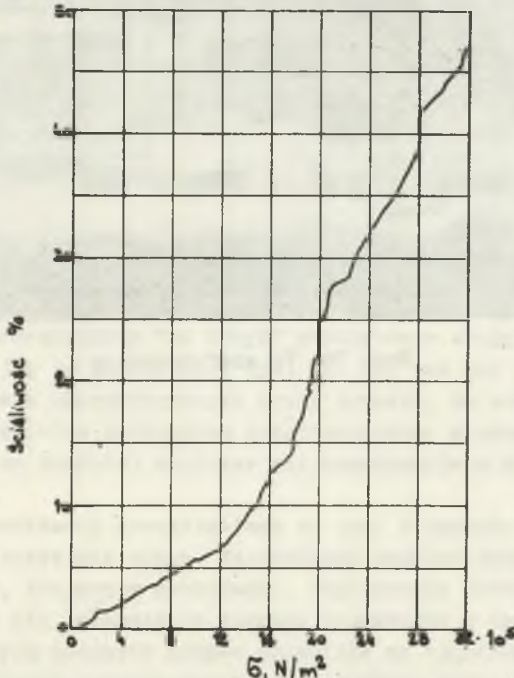
Porównując obydwie konstrukcje stwierdzić można, że przy praktycznie niezmiennym stopniu wypełnienia materiałem konstrukcyjnym stopy o tych samych wymiarach zewnętrznych, wykonane z elementów konstrukcyjnych o większych przekrojach poprzecznych, są mało podatne. Przy niedużych naprężeniach ich przekładka ulega zniszczeniu, a stos praktycznie przestaje pełnić swoją rolę.

Rozważając problem ilości materiału konstrukcyjnego w stosie należy zwrócić uwagę na zależność między grubością przekładki a wymiarami poprzecznymi krawędziaków.

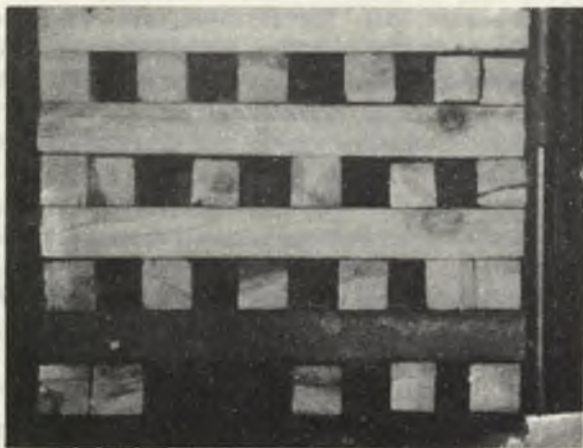
Wzrost przekroju poprzecznego krawędziaków, przy niezminionej grubości przekładki, nie ma specjalnego wpływu na pracę stosu. O właściwej pracy stosu decyduje zespół elementów konstrukcyjnych, a zatem najsłabszy element, którym będzie w tym przypadku przekładka.

Odpowiednia grubość przekładki wynosi dla krawędziaków 10 x 10 (cm) około 3,5 cm, a dla krawędziaków 5 x 5 (cm) około 2,5 cm.

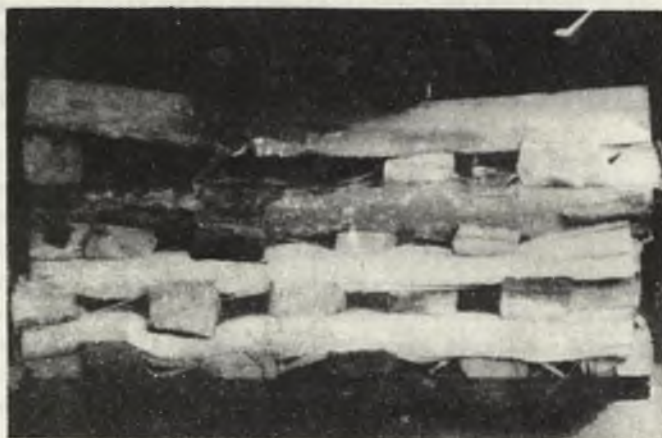
Na podstawie dotychczasowych badań można stwierdzić, że dla stosów sosnowych z krawędziaków 10 x 10 (cm) (z przekładką deskową grubości około 3 cm) optymalne wypełnienie stosu mieści się w granicach około 65%; stosy te przenoszą naprężenia wielkości od  $30 \times 10^5$  do  $40 \times 10^5$  (N/m<sup>2</sup>). Stosy z krawędziakami ułożonymi "na krzyż", bez przekładki, posiadają zazwyczaj niższy stopień wypełnienia materiałem konstrukcyjnym od stosów o tych samych wymiarach zewnętrznych, ale z przekładką deskową. Na rys. 7 przedstawiono stos wykonany z krawędziaków sosnowych ułożonych "na krzyż", wypełniony w 59%. Stos ten przenosił naprężenia  $34 \times 10^5$  N/m<sup>2</sup> ulegając przy tym zaciśnięciu w 48%. Charakterystyka jego pracy była sadawalająca - nie obserwowano gwałtownego łamania konstrukcji i spadku podporności. Porównując tę konstrukcję z konstrukcją opisaną powyżej okaże się, że zarówno charakter pracy jak i parametry wytrzymałościowe są korzystniejsze dla tej ostatniej. Wyeliminowana jest przekładka deskowa, a zatem i tzw. strefa łamania przekładki; nie obserwuje się także gwałtownej zmiany podporności.



Rys. 7. Stos po wypełnieniu 59% wykonany z krawędziaków o przekroju poprzecznym 5 x 5 (cm) ułożonych "na krzyż"



Rys. 7a. Przed badaniem



Rys. 7b. Po zdeformowaniu

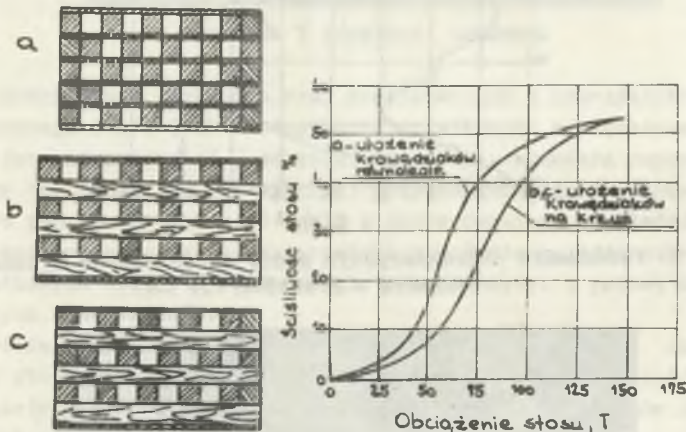


Stosy wykonane z krawędziaków o przekroju poprzecznym 5 x 5 (cm), ułożonych "na krzyż", przenosząc naprężenia od  $35 \times 10^5$  do  $40 \times 10^5$  (N/m<sup>2</sup>), wymagają wypełnienia materiałem konstrukcyjnym w około 60%.

2.6. Wpływ konstrukcji stosu na charakterystykę pracy

W dotychczasowej praktyce ruchowej stosuje się, przy zabezpieczeniu tury szybowej, najczęściej stosy drewniane wykonane z:

- krawędziaków, które w poszczególnych warstwach przedzielonych deskami układają się równolegle do siebie, w odpowiednich odstępach, rys. 8a,
- krawędziaków ułożonych względem siebie "na krzyż" - odpada wówczas konieczność oddzielenia warstw deskami, rys. 8b,
- okrągłaków dwustronnie tartych (rzadziej), stosowanych przy stosach pełnych - całodrzewnych lub pustych - wypełnionych kamieniem.

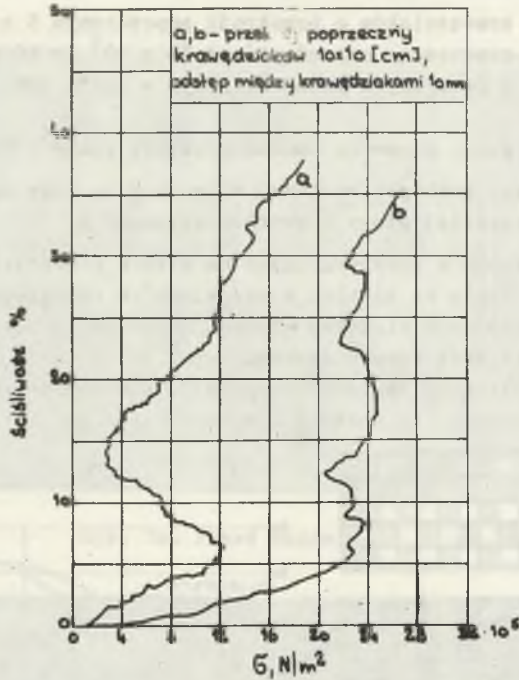


Rys. 8. Wpływ ułożenia krawędziaków na charakterystykę pracy stosów

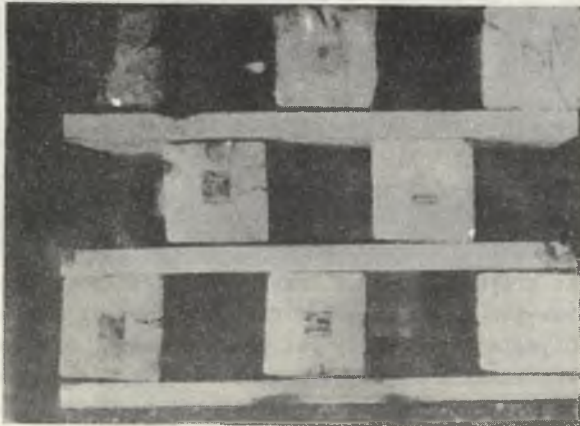
Z przebiegu charakterystyk pierwszych dwóch rodzajów konstrukcji wynika, że w zależności od konkretnych warunków może być zastosowany albo jeden, albo drugi sposób ułożenia krawędziaków.

Przy układaniu krawędziaków "na krzyż" praktycznie obojętne jest czy są one ułożone tak jak to przedstawia rys. 8b, czy tak jak to przedstawiono na rys. 8c. Obydwie charakterystyki pracy dowodzą, że konstrukcje o tym samym stopniu wypełnienia materiałem konstrukcyjnym, z równoległym ułożeniem krawędziaków, są bardziej ścisłe niż konstrukcje o ułożeniu krawędziaków "na krzyż".

Konstrukcja z przekładką przedstawiona na rys. 9 posiada zdecydowanie niekorzystną charakterystykę pracy. Najsłabszym punktem konstrukcji są boczne, niepodparte, fragmenty przekładki. Praktycznie deformacja konstrukcji rozpoczyna się właśnie od łamania przekładki w tym miejscu. Zastosowanie dodatkowych bocznych podpór pozwoliło na częściowe wyeliminowanie niekorzystnej strefy łamania przekładki, ogólnie poprawiając charakte-



Rys. 9. Porównanie charakterystyk pracy dwóch stosów wykonanych z przekładką o grubości 2,5 cm



Rys. 9a. bez podpór bocznych



Rys. 9b. Z podporami bocznymi

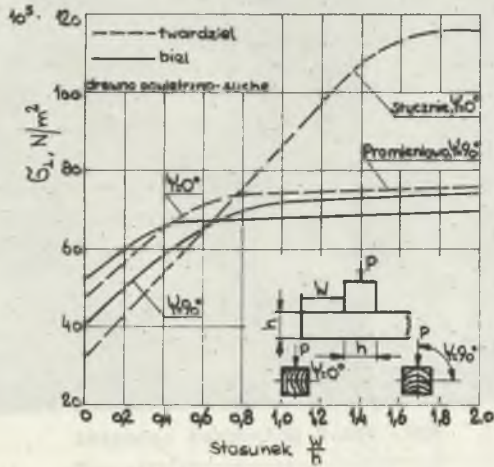
rystykę pracy stosu. Tak samo przy konstrukcjach z krawędziaków o przekroju poprzecznym 5 x 5 (cm) zastosowanie dodatkowego krawędziaka ułożonego w miejscu niepodpartej przekładki (rys. 8a), wyraźnie poprawia charakter pracy tej konstrukcji. Natomiast przy konstrukcji z krawędziaków o przekroju poprzecznym 10 x 10 (cm), z zastosowaniem przekładki, uzyskano również wyraźną poprawę charakterystyki pracy stosu, a to przez zastosowanie dodatkowych bocznych podpór, ale o podporności o połowę mniejszej od pozostałych krawędziaków.

Brak dodatkowych podpór uwidacznia się szczególnie przy niekorzystnym ułożeniu obciążenia. Nieznaczne obciążenie mimośrodowe potrafi pozbawić stos właściwej podporności w wyniku wypchnięcia krawędziaków lub części przekładki poza stos.

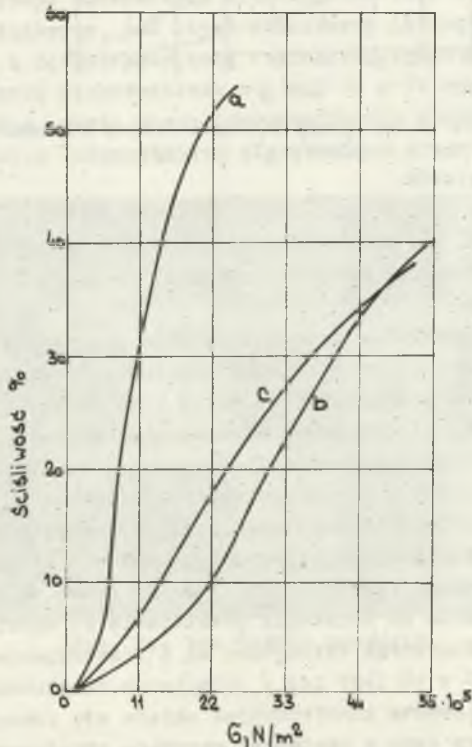
Przy stosach z przekładką deskową charakterystykę pracy poprawia dodatkowa ilość materiału o 2- do 3-krotnie niższej wytrzymałości na ściskanie prostopadłe do włókien, umieszczona między krawędziakami. Zostaje wówczas częściowo ograniczona strefa przekładki, a sama konstrukcja, poprzez dodatkowy materiał, staje się bardziej związana.

Przy stosach wykonanych z krawędziaków ułożonych "na krzyż" ograniczono możliwość wypychania materiału poza stos, wykorzystując siły tarcia, przez zastosowanie odpowiedniej długości wypustów w miejscach skrzyżowań krawędziaków na krawędzi konstrukcji. Uzyskano przez to także nieco wyższą wytrzymałość drewna na ściskanie prostopadłe do włókien rys. 10.

Stosy pełne - całodrzewne wykonywane są z krawędziaków, częściej o przekroju kwadratowym 10 x 10 (cm) lub z okrągłaków dwustronnie tartych o średnicy około 12 cm. Elementy konstrukcyjne układa się równolegle, bezpośrednio obok siebie, przy czym w następnej warstwie odwrócony zostaje kierunek elementów o 90°. Stosy te, mimo że wykonane mogą być tylko z drewna miękkiego, cechuje duża podporność - dlatego też rzadko stosuje się je ja



Rys. 10. Wpływ długości wysuwu elementu ściskanego na wytrzymałość drewna sosnowego na ściskanie prostopadle do włókien



Rys. 11. Porównanie charakterystyk pracy trzech konstrukcji o tych samych wymiarach zewnętrznych

a - stos pusty, b - stos pusty wypełniony kamieniem, c - stos pełny-całodrzewny

ko główny element upodatniający obudowę szybu. Często natomiast spotykamy stosy pełne, wykonane w formie wkładek elastycznych, umieszczone w obudowie szybu na wysokości kontaktu dwu warstw.

Szerokość wkładek równa się szerokości muru obudowy, a jej wysokość praktycznie nie przekracza 50 cm.

Stosy puste wypełnione kamieniem, rzadko stosowane w naszym górnictwie znalazły większą popularność w górnictwie niemieckim. Przeprowadzone badania (3) ze stosami sosnowymi o tych samych wymiarach zewnętrznych, a o konstrukcji odpowiednio - pustej, pustej wypełnionej kamieniem i pełnej całodrzewnej dowodzą, że nie ma zasadniczej różnicy między charakterem pracy stosu pełnego całodrzewnego i pustego wypełnionego kamieniem rya.11

Stos pusty wypełniony kamieniem jest nieznacznie bardziej ściśliwy od całodrzewnego; dlatego też przy zabezpieczeniu szybów w kopalniach niemieckich (szczególnie tam, gdzie lokalna sytuacja wymagała stosów wysokich) stosowano, ze względu na oszczędność drewna, stosy wypełnione kamieniem.

Sposób pracy tej konstrukcji jest niepewny, bowiem wypchnięcie lub przesunięcie kamieni wypełniających konstrukcję może być przyczyną wyraźniej utraty podporności.

O wysokości stosu decyduje: współczynnik ściśliwości stosu, grubość eksploатовanego pokładu i współczynnik eksploatacji wg wzoru:

$$h = \frac{a \times g}{w_s}$$

gdzie:

- a - współczynnik eksploatacji
- g - grubość eksploатовanego pokładu
- $w_s$  - współczynnik ściśliwości stosu.

Tablica 1 zawiera współczynniki ściśliwości wyznaczone dla najczęściej stosowanych konstrukcji sosnowych stosów upodatniających.

### 3. Wnioski końcowe

Z przeprowadzonych badań i obserwacji praktycznych wynikają następujące wnioski:

- stosy upodatniające należy wykonywać z drewna sosnowego, bez wad, szczególnie bezsączonego, lekkiego od  $0,40 \times 10^4$  do  $0,55 \times 10^4$  ( $\text{N/m}^3$ ), powietrzno - suchego o wilgotności od 15 do 20%. Nie należy stosować drewna starego, już wcześniej użytego do innych celów,
- jako materiału konstrukcyjnego należy używać: krawędziaków o przekroju poprzecznym od  $5 \times 5$  do  $10 \times 10$  (cm) lub drewna z okrągłaków dwustronnie tartych o średnicy od 8 do 10 cm

Tablica 1

Ip.	Wymiary stosu (cm)	Sposób ułożenia krawędziaków	Odstępy między krawędziakami (cm)	Przekrój poprzecz. krawędziaków (cm)	Grubość przekładki (cm)	Stopień wypełnienia materiałem %	Maksymalne obciążenie (kg)	Napężenie ściskające w stosie $10^5 \times N/m^2$	Ścisłość stosu %
1	50x50x50	równoległy	10	10x10	5	70	65.000	20	25
2	40x50x50	równoległy	10	10x10	2,5	50	30.000	10	50
3	40x50x50	równoległy z bocznymi	10 -	10x10	2,5	68	60.000	24	60
4	40x50x50	równoległy	2,5	5x5	2,5	71	90.000	36	34
5	40x50x50	równoległy	5	5x5	2,5	59	87.000	35	50
6	40x50x50	równoległy	10	5x5	2,5	52	87.000	35	55
7	40x50x50	"na krzyż"	5	5x5	-	59	90.000	36	55
8	200x175x200	"na krzyż"	17	15x15	-	47	140.000	40	63

- odstępy między krawędziakami, niezależnie od konstrukcji, powinny wynosić: dla stosów z krawędziaków o przekroju 5 x 5 (cm) i z przekładką - od 3 do 4 cm; dla stosów z krawędziaków o przekroju 10 x 10 (cm) i z przekładką - od 8 do 9 cm.
- zachowując ten sam stopień wypełnienia stosu materiałem konstrukcyjnym uzyska się wyższą ściśliwość stosu wykonując konstrukcję z krawędziaków o przekroju 5 x 5 (cm)
- optymalna grubość przekładki wynosi: dla konstrukcji z krawędziaków o przekroju poprzecznym 10 x 10 (cm) - około 3,5 cm a dla konstrukcji z krawędziaków o przekroju poprzecznym 5 x 5 (cm) - około 2,5 cm.
- optymalna powierzchnia styku dwóch warstw, dla stosów sosnowych, wynosi od 1400 do 1500 cm<sup>2</sup> co oznacza, że w jednej warstwie powinno być od 6 do 8 krawędziaków o przekroju poprzecznym 5 x 5 (cm) lub 4 do 5 krawędziaków o przekroju poprzecznym 10 x 10 (cm)
- optymalny stopień wypełnienia materiałem konstrukcyjnym, stosów z przekładką, wykonanych z krawędziaków o przekroju poprzecznym 5 x 5 (cm) lub 10 x 10 (cm) wynosi około 65%
- optymalny stopień wypełnienia materiałem konstrukcyjnym stosów wykonanych z krawędziaków o przekroju poprzecznym 5 x 5 (cm), ułożonych "na krzyż", wynosi około 60%
- przy stosach z przekładką zastosowanie dodatkowych bocznych podpór poprawia charakterystykę pracy stosu. Ten sam efekt, przy stosach wykonanych z krawędziaków ułożonych "na krzyż", można osiągnąć przez zastosowanie odpowiedniej długości wypustów w miejscach skrzyżowań krawędziaków na krawędzi konstrukcji stosu.

## LITERATURA

- [1] Batkiewicz W., Dżegniuk B., Greń K.: Eksploatacja szybowych filarów ochronnych z przecięciami szybu w eksploатовanym pokładzie. Praca Komisji Nauk Technicznych, Górnictwo 3, 1966 s.5-29.
- [2] Chudek M., Podgórski K., Szczepaniak Z.: Dobór konstrukcji stosów do upodatniania obudów szybowych przy eksploatacji filarów ochronnych. Przegląd Górn. 1969, nr 10 s. 458-465.
- [3] Brinkman R., Neveling F.: Belastungsversuche mit Holzkästen und Holzpfailern. Glückauf 100. 1964, Heft 7. s.383-389
- [4] Kollmann F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe Berlin - Gettingen - Heidelberg 1955.
- [5] Pecelik J.: Badania wytrzymałościowe sosny krajowej. Inżynieria i Budownictwo 1954, nr 2.
- [6] Nolywajka W., Olbrich P.: Konstrukcje i charakterystyki pracy stosów w górnictwie. Wiadomości Górnicze 1970, nr 3, s.69-72.
- [7] Borecki M., Chudek M.: Mechanika górotworu, Gliwice 1968. Skrypty Politechniki Śląskiej
- [8] Chudek M.: Obudowa wyrobisk. Katowice 1968, Wyd. "Śląsk"

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ КОСТРОВОЙ КРЕПИ, КОТОРАЯ ДЕЛАЕТ ШАХТНЫЙ СТВОЛ  
ПОДАТЛИВЫМ ВО ВРЕМЯ РАЗРАБОТКИ В ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛЯХ

Р е з ю м е

В работе проведён анализ конструкции костровой деревянной крепи, применённой для податливости шахтного ствола. Обсуждены конструктивные вопросы, решающие сотрудничество костровой и шахтной крепи, а также представлены результаты исследований деревянной костровой крепи.

Спираясь на полученные результаты исследований, разработаны конкретные указания, касающиеся конструкции деревянной костровой крепи, которая обеспечивает шахтный ствол.

THE CONSTRUCTION ANALYSIS OF DEFLECTION PILE INTO  
OPERATION FOR SHAFT PIPE PROTECTION DURING BOTTOM PILLAR  
EXPLOITATION

S u m m a r y

In this works was pass construction analysis of wood pile to adhibit for bent shaft timber lining. Also was dycussion construction problem which decisive about deflection heap with shaft timber lining and make promotion of research result which was pass with wood pile.

In reliance with obtain investigation issue was gived advice experiece to refer of wood pile construction which was servant for shaft pipe protection.