

RYSZARD SIEMIŃSKI

Własności techniczne drewna twardzieli i bielu sosny zwyczajnej

Znajomość własności technicznych drewna sosny pospolitej ma znaczenie przede wszystkim dla budownictwa i lotnictwa. W budownictwie używa się drewna sosny z większymi lub mniejszymi wadami, tak na elementy konstrukcyjne, jak i niekonstrukcyjne. W lotnictwie drewno ma zastosowanie jako materiał konstrukcyjny do budowy płatowców. Drewno lotnicze musi być wąskosłoiste (5 — 10 słojów na cm) i bez wad.

O wyborze materiału lotniczego decyduje przede wszystkim wartość właściwa, tj. stosunek wytrzymałości materiału do jego ciężaru właściwego. Wartość właściwa drewna sosny jest tego samego rzędu co wartość właściwa stali.

Dotychczas w przemyśle lotniczym używa się na elementy konstrukcyjne płatowca tylko biel, twardziel natomiast jest odrzucana, jako materiał kruchy i źle klejący się.

Taka ocena twardzieli nie jest oparta na wynikach badań, lecz na tradycji. Historia tej tradycji jest długa i pochodzi z obserwacji łamania się drewna twardzieli przy zginaniu pod wpływem maksymalnego obciążenia.

Twardziel, w porównaniu z białem, łamie się na ogół gwałtowniej, a złom jest zwykle krótszy od złomu bielu. Zjawisko to jednak nie świadczy o mniejszej wytrzymałości twardzieli od wytrzymałości bielu, dlatego że nie znane jest obciążenie, pod którym nastąpiło złamanie. Ponieważ nie widać istotnej różnicy w budowie anatomicznej bielu i twardzieli, należy przypuszczać, że własności techniczne twardzieli nie powinny być mniejsze od własności bielu. Większa zawartość żywicy w twardzieli o 1 do 3% niż w biele, nie może decydująco wpływać na wytrzymałość twardzieli.

Brak w literaturze danych o własnościach technicznych wąskosłoistej twardzieli sosny spowodował niniejsze badania.

Badania przeprowadzono na drewnie 7 sosen, pochodzących z różnych okolic Polski. Wiek drzew wahał się w granicach od 97 do 180 lat, sosny były żywicowane i nieżywicowane.

Drewno, przeznaczone do badań, było w postaci desek lub bali odziomkowych, ponieważ głównie takim materiałem posługuje się lotnictwo. Deski lub bale były przecięte przez rdzeń lub zawierały rdzeń oraz posiadały na całej długości drobne sęki skrzydlate. Materiał badany odpowiadał II lub III klasie jakości. Tarcica była wąskosłoista, ilość słojów wahała się w granicach 3,0 — 17,5 słojów na cm, średnio 8 słojów na cm. Szerokość twardzieli, mierzona wzdłuż promienia, wynosiła średnio 56% szerokości całej deski lub bala.

Z desek lub bali wycinano próbki i to jednocześnie z bielu i twardzieli, wzdłuż promienia oraz wzdłuż odziomka. Taki sposób pobierania próbek dał możliwość porównania wyników badań dla obydwu rodzajów drewna wzdłuż promienia oraz wzdłuż odziomka. Próbki były wykonane własnoręcznie według norm polskich i radzieckich.

Badania techniczne przeprowadzono w Zakładzie Mechanicznej Technologii Drewna SGGW oraz w Instytucie Techniki Budownictwa w Warszawie. Wykonano 1837 pomiarów wytrzymałościowych.

Zbadano wytrzymałość bielu i twardzieli na:

1) rozciąganie; 2) ściskanie; 3) zginanie statyczne; 4) zginanie dynamiczne; 5) udarność; 6) ścinanie; 7) ścinanie spoiny klejowej oraz określono:

1) twardość; 2) stałą sprężystości przy ścisaniu; 3) ciężar właściwy; 4) udział drewna późnego; 5) słoistość; 6) wilgotność; 7) zawartość żywicy.

Zbraku aparatury pominięto badanie bielu i twardzieli na zmęczenie.

Ze względu na jednakowy wpływ siedliska na wytrzymałość bielu i twardzieli sosny, nie przeprowadzono w tym kierunku badań.

Najwięcej pomiarów wykonano na ściskanie, zginanie statyczne i dynamiczne oraz na udarność, ponieważ wyniki tych badań głównie decydują o wytrzymałości drewna.

Wszystkie wyniki wytrzymałościowe zostały przeliczone na wilgotność $W = 15\%$ według wzoru Bauschinger'a, nie wyłączając wytrzymałości drewna na zginanie dynamiczne oraz na udarność. Przy obliczaniu wytrzymałości drewna sosny na zginanie statyczne i dynamiczne oraz przy określaniu udarności nie uwzględniono zmiany przekroju próbki pod wpływem wciskającej się napory, w miejscu największego momentu zginającego. Wcisk był największy przy zginaniu statycznym prostopadle do przekroju stycznego i wynosił dla bielu i twardzieli średnio 1,15 mm.

Tabela 1 zawiera średnie wyniki badań wytrzymałości bielu i twardzieli 7 sosen przy wilgotności $W = 15\%$.

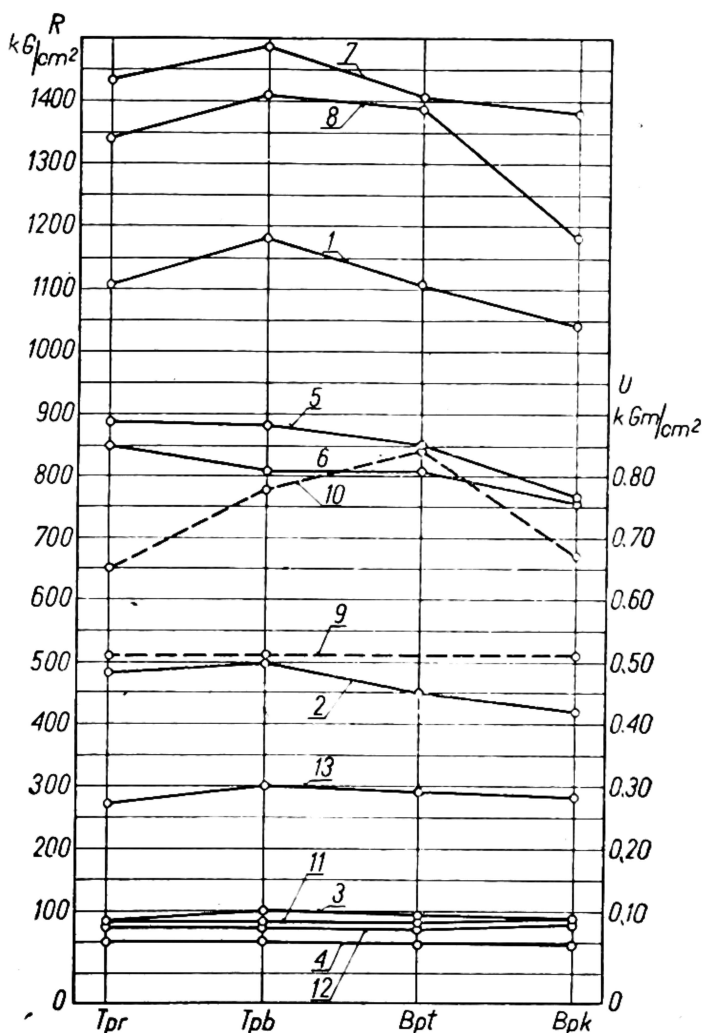
Tab. 1. Średnia wytrzymałość bielu i twardzieli badanych sosen

Nazwa badanej wielkości	Oznaczenie Jednostka	Biel	Twardziel
Ciężar właściwy	γ G/cm ³	0,56	0,60
Udział drewna późnego	D_p %	34,6	35,3
Słoistość	słojów cm	7,9	8,1
Wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien	R_r kg/cm ²	1091	1155
Wytrzymałość na ściskanie \perp do przekroju poprzecznego	R_c „	442	496
Wytrzymałość na ściskanie \perp do przekroju promieniowego	„ „	80	80
Wytrzymałość na ściskanie \perp do przekroju stycznego	„ „	45	49
Wytrzymałość na zginanie statyczne \perp do przekroju promieniowego	R_{gs} „	828	884
Wytrzymałość na zginanie statyczne \perp do przekroju stycznego	„ „	796	824
Wytrzymałość na zginanie dynamiczne \perp do przekroju promieniowego	R_{gd} „	1378	1472
Wytrzymałość na zginanie dynamiczne \perp do przekroju stycznego	„ „	1322	1384
Udarność \perp do przekroju promieniowego	U km/cm ²	0,51	0,55
Udarność \perp „ „ stycznego	„ „	0,79	0,73
Wytrzymałość na ścinanie \parallel do przekroju promieniowego	R_t kg/cm ²	89	89
Wytrzymałość na ścinanie \parallel do przekroju stycznego	„ „	72	72
Twardość poprzecznego przekroju	F „	287	287

Na ryc. 1 podane są średnie wytrzymałości badanego drewna wzdłuż promienia. Z wykresu widać, że prawie we wszystkich przeprowadzonych badaniach, wytrzymałość przebiega następująco: największą wytrzymałość ma twardziel przy bielu (T. p. b.), następnie biel przy twardzieli (B. p. t.), dalej twardziel przy rdzeniu (T. p. r.) i na końcu biel przy korze (B. p. k.). Wykresy te wskazują, że twardziel ma nieznacznie większą wytrzymałość niż biel.

Ryc. 1. Przebieg wytrzymałości drewna sosny wzdłuż promienia przy wilgotności $W = 15\%$.

1. Wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien
2. Wytrzymałość na ściskanie \perp do przekroju poprzecznego
3. Wytrzymałość na ściskanie \perp do przekroju promieniowego
4. Wytrzymałość na ściskanie \perp do przekroju stycznego
5. Wytrzymałość na zginanie statyczne \perp do przekroju promieniowego
6. Wytrzymałość na zginanie statyczne \perp do przekroju stycznego
7. Wytrzymałość na zginanie dynamiczne \perp do przekroju promieniowego
8. Wytrzymałość na zginanie dynamiczne \perp do przekroju stycznego
9. Udarówność \perp do przekroju promieniowego
10. Udarówność \perp do przekroju stycznego
11. Wytrzymałość na ścinanie \parallel do przekroju promieniowego
12. Wytrzymałość na ścinanie \parallel do przekroju stycznego
13. Twardość poprzecznego przekroju



Niedocenywanie twardzieli, jako materiału lotniczego przez technologów i konstruktorów, jest często podyktowane sposobem jej łamania się podczas zginania.



Ryc. 2 — Złamane próbki bielu (B) i twardzieli (T) przy zginaniu dynamicznym

Jak już wspomniano we wstępie, twardziel na ogół łamie się bardziej raptownie niż biel, a złom jest zwykle krótszy od złomu bielu. Jednak obliczona wytrzyma-

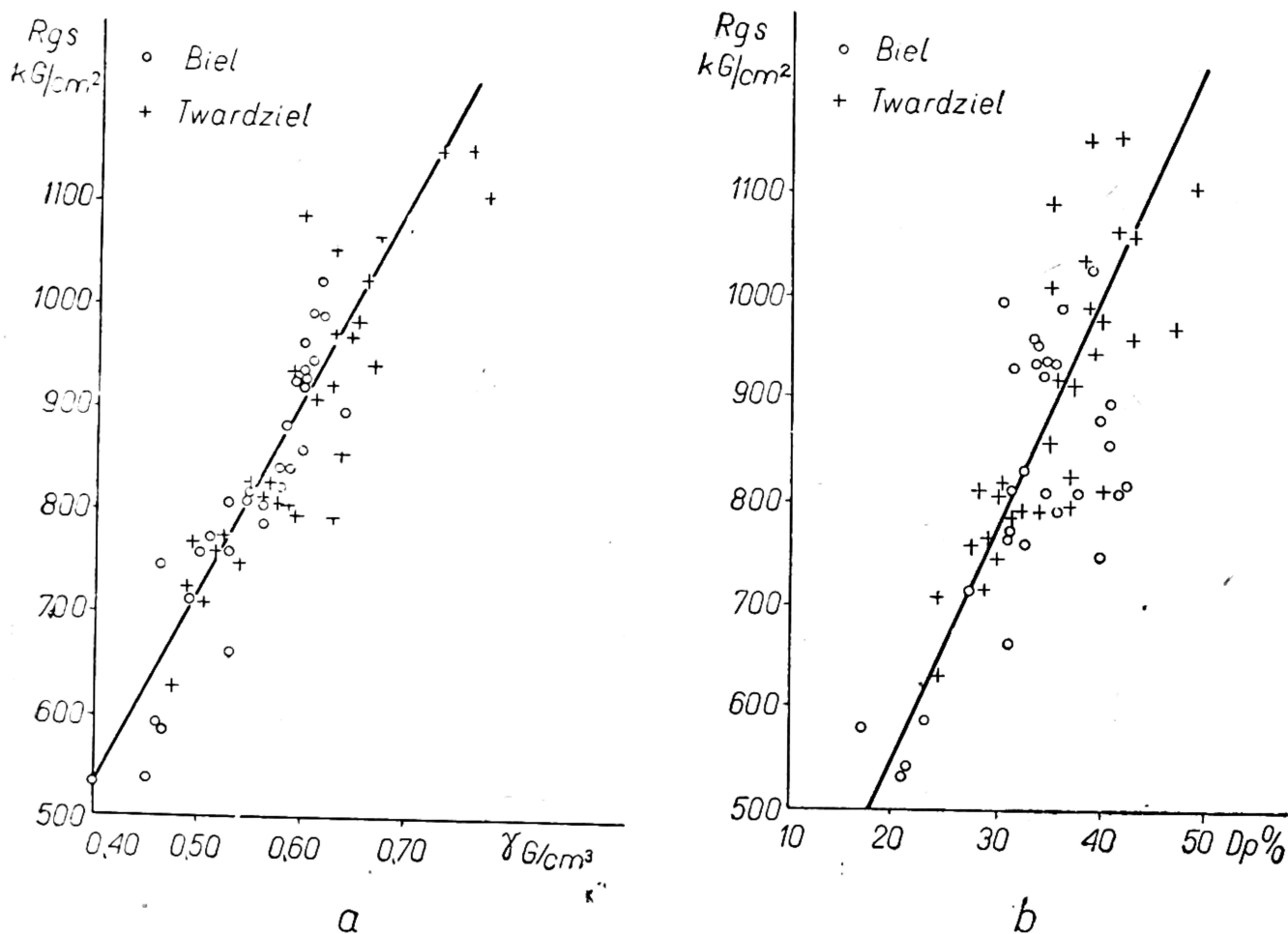
małość dla próbek twardzieli nie była mniejsza od wytrzymałości bielu, wyciętego z tego samego wyrzynka.

Na ryc. 2 podane są zdjęcia złamanych próbek bielu i twardzieli, wyciętych z tego samego wyrzynka sosny. Próbki te były badane na zginanie dynamiczne prostopadle do przekroju stycznego i promieniowego. Mimo, że złom próbki twardzieli (2) i to nawet żywicznej jest krótszy od złomu próbki bielu (1), to jednak twardziel ma większą wytrzymałość niż biel. Podobne zjawiska zachodziły bardzo często przy zginaniu statycznym, przy rozciąganiu oraz udarności.

W badaniach własności technicznych drewna wielką rolę odgrywa ciężar właściwy. Wytrzymałość drewna jest proporcjonalna do ciężaru właściwego. Średni ciężar właściwy bielu, przeliczony na wilgotność $W = 15\%$, wynosił $\gamma_{15} = 0,56 \text{ G/cm}^3$, zaś twardzieli $\gamma_{15} = 0,60 \text{ G/cm}^3$.

Drugim ważnym czynnikiem, mającym wpływ na wytrzymałość drewna sosny, jest udział drewna późnego. Warstwa drewna późnego składa się z komórek grubościennych, o małym świetle i wykazuje małą ilość przepustów. Natomiast drewno wczesne, składające się z komórek o dużym świetle i o cienkich ściankach z licznymi przepustami — tworzy tkanę przewodzącą. Przez określenie procentowego udziału drewna późnego można już z grubsza określić własności wytrzymałościowe drewna, ponieważ ta część drewna głównie przenosi obciążenie. Na tej zasadzie wybierano drewno przeznaczone do badań, przy jednoczesnym uwzględnianiu słoistości. Średni udział drewna późnego dla bielu i twardzieli wynosił $D_p = 35,0\%$.

Przebieg wytrzymałości drewna w zależności od udziału drewna późnego jest liniowy. Na ryc. 3 podana jest zależność wytrzymałości drewna sosny na



Ryc. 3. Przebieg wytrzymałości drewna sosny na zginanie statyczne w zależności od ciężaru właściwego i od udziału drewna późnego

zginanie statyczne prostopadłe do przekroju promieniowego od ciężaru właściwego (a) oraz od udziału drewna późnego (b). Z rysunku tego widać, że przebieg wytrzymałości na zginanie statyczne w zależności od ciężaru właściwego jest podobny do przebiegu wytrzymałości w zależności od udziału drewna późnego. Podobny obraz występował przy innych badaniach wytrzymałości drewna sosny.

Stąd nasuwa się wniosek, że istnieje ścisły związek pomiędzy ciężarem właściwym a udziałem drewna późnego. Zależność między tymi dwoma wielkościami jest liniowa. Dla badanego drewna sosny tę zależność ujęto w równanie:

$$\gamma_{15} = 0,011 \cdot D_p + 0,25 \quad \text{G/cm}^3$$

gdzie: γ_{15} — ciężar właściwy drewna przy $W = 15\%$ w G/cm^3 ,

D_p — udział drewna późnego w %.

Z długością odziomka wytrzymałość bielu i twardzieli na ogół stopniowo maleje, ponieważ zmniejszał się w tym kierunku ciężar właściwy i udział drewna późnego.

Dla całokształtu znajomości własności technicznych drewna konieczne jest wyznaczenie wytrzymałości drewna na zmęczenie. Szczególnie chodzi o zmęczenie giętne obustronne jako najniekorzystniejsze dla materiału. Z braku bezpośrednich danych doświadczalnych, granicę zmęczenia można obliczyć na podstawie wzoru empirycznego, gdzie wytrzymałość drewna na zmęczenie giętne obustronne jest wprost proporcjonalna do wytrzymałości drewna na rozciąganie i wynosi według O. Kraemer'a:

$$\sigma_{zm} = 0,25 \cdot R_r \quad \text{kG/cm}^2$$

gdzie: σ_{zm} — wytrzymałość drewna na zmęczenie w kG/cm^2 ,

R_r — wytrzymałość drewna na rozciąganie w kG/cm^2 .

Granice zmęczenia również można określić na podstawie udarności. Wytrzymałość drewna na zmęczenie jest wprost proporcjonalna do udarności.

Obliczona wytrzymałość bielu na zmęczenie giętne przy wilgotności $W = 15\%$ wynosiła średnio $\sigma_{zm} = 273 \text{ kG/cm}^2$, zaś twardzieli $\sigma_{zm} = 289 \text{ kG/cm}^2$. Granicę zmęczenia bielu i twardzieli sosny wyznaczył doświadczalnie O. Kraemer. Po przeliczeniu jego danych na wilgotność $W = 15\%$, wytrzymałość bielu na zmęczenie giętne obustronne wynosiła $\sigma_{zm} = 293 \text{ kG/cm}^2$, zaś twardzieli $\sigma_{zm} = 332 \text{ kG/cm}^2$.

Do ważnych własności technicznych drewna sosny pospolitej należy wytrzymałość spoiny klejowej. W tym celu wykonano specjalne próbki, które po przecięciu w poprzek lub skośnie do włókien, były klejone na zimno. Klejono biel z białem, biel z twardzielą oraz twardziel z twardzielą. Do klejenia użyto kleju kazeinowego „Certus“, mocznikowo-formaldehdowego „Ibelit“ i „Kaurit“ oraz formaldehydowo-fenolowego „Fortil“. Po obrobieniu próbek, spoinę klejową rozrywano i ścinano w maszynie wytrzymałościowej Amsler'a.

W tabeli 2 podano część otrzymanych wyników, które wskazują, że równie dobrze klei się twardziel z twardzielą, jak biel z białem, czy też biel z twardzielą. Przy tym nie zauważono wpływu żywicy na wytrzymałość spoiny klejowej (do 22% żywicy w stosunku do suchej substancji drewna).

Również nie znaleziono ujemnego wpływu wieku drzew, sinizny i żywicy (do 22% żywicy w stosunku do suchej substancji drewna) na wytrzymałość drewna.

Na podstawie oceny dokładności pomiaru oraz analizy otrzymanych wyników metodą statystyczną, dochodzimy do wniosku, że wytrzymałość twardzieli nie jest mniejsza od wytrzymałości bielu (tabela 3).

Tab. 2. Wytrzymałość spoiny klejowej przy wilgotności W=9—13%.

Rodzaj drewna	Rodzaj kleju	Srednia wytrzymałość spoiny klejowej Rrt kG/cm ²
Biel z białem	Certus	169
Biel z twardzią	"	160
Twardziel z twardzią	"	167
Biel z białem	Ibelit	127
Biel z twardzią	"	138
Twardziel z twardzią	"	138
Biel z białem	Kaurit	76
Biel z twardzią	"	93
Twardziel z twardzią	"	99

Klej Kaurit — ponemiecki, stary.

Tab. 3. Wyniki analizy obliczeń metodą statystyczną

W ł a s n o ś ć	Rodzaj drewna
Udział drewna późnego	Biel = Twardziel
Wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien	" = "
Wytrzymałość na ściskanie	" = "
⊥ do przekroju promieniowego	" = "
Wytrzymałość na ściskanie	" = "
⊥ do przekroju stycznego	" = "
Wytrzymałość na zginanie statyczne	" = "
⊥ do przekroju promieniowego	" = "
Wytrzymałość na zginanie statyczne	" = "
⊥ do przekroju stycznego	" = "
Udarność przy uderzeniu	" = "
⊥ do przekroju promieniowego	" = "
Udarność przy uderzeniu	" = "
⊥ do przekroju stycznego	" = "
Twardość poprzecznego przekroju	" = "
Wytrzymałość na ściskanie	" < "
⊥ do przekroju poprzecznego	" < "
Wytrzymałość na zginanie dynamiczne	" < "
⊥ do przekroju promieniowego	" < "
Wytrzymałość na zginanie dynamiczne	" < "
⊥ do przekroju stycznego	" < "
Ciężar właściwy	" < "
Wytrzymałość na ścinanie	" > "
do przekroju promieniowego	" > "
Wytrzymałość na ścinanie	" > "
do przekroju stycznego	" > "

Wykorzystanie twardzieli sosny jako materiału konstrukcyjnego da znaczne oszczędności cennego surowca, jakim jest drewno. Oszczędność i celowe wykorzystanie drewna jest naczelnym zadaniem w okresie rozwoju przemysłu i budownictwa w Polsce.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ЯДРА И ЗАБОЛОНИ У СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Краткое содержание

В авиации, при самолетостроении, на конструктивные составные части до сего времени идет только древесина заболони сосны, а древесина ядра отбрасывается. Целью произведенных исследований было определение технических свойств древесины ядра и сравнение их с техническими свойствами древесины заболони.

Производились исследования комлевой части дерева. Древесина была взята узкослойная, без больших пороков. Исследованы технические свойства древесины 7 сосен, возраст которых колебался в пределах от 97 до 180 лет. Среди них были сосны подсоченные и без подсочки.

Полученные результаты и произведенный статистическим методом анализ этих результатов выяснили, что нет существенной разницы между сопротивляемостью древесины заболони и сопротивляемостью древесины ядра. Не обнаружено также вредного влияния возраста деревьев, синевы и содержания смолы на сопротивляемость древесины и клеевых соединений. В самолетостроительном производстве, как подтвердили исследования, наряду с древесиной заболони может быть использована и древесина ядра.