

STANISŁAW GOŁAWSKI

Fizyczne i mechaniczne własności drewna świerkowego jako surowca zastępczego dla sosny lotniczej

Dotychczasowa produkcja drewna lotniczego opiera się głównie na bazie drewna sosnowego, mimo, że klasyfikacja lotnicza uwzględnia również drewno świerkowe.

Praca niniejsza ma wykazać, że drewno świerkowe może być równie dobrym materiałem lotniczym, jak drewno sosnowe.

MATERIAŁ BADAWCZY I METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono na drewnie pochodzącym z 36 drzew: 18 świerków i 18 sosen.

Pochodzenie drzew:

Świerk

1. Nadl. Wigry, leśnictwo Krzywe, oddz. 155 a. Drzewostan świerkowy w wieku 81 — 100 lat silnie zwarty z domieszką sosny w ilości około 10%. Miejscami podrost świerkowy w wieku 15 lat. Średnia pierśnica drzewostanu 31 cm, średnia wysokość 28 m, bonitacja II, zadrzewienie 0,7 — 0,8, jakość 2, zasobność 425 m³/ha. Teren równy; gleba próchniczno-piaszczysta, świeża. Pokrywa: mchy, szczawik zajęczy, konwalijka dwulistna, borówka, czernica, orlica.

2. Nadl. Międzylesie, leśnictwo Wschód, oddz. 9 B f. Drzewostan świerkowy z pojedynczą domieszką jodły, sporadycznie buk, zwarcie przerywane, wiek 81 — 100 lat. Pojedynczo podrost świerkowy i bukowy. Średnia pierśnica 25 cm, średnia wysokość 23 m, bonitacja III, zadrzewienie 0,7, jakość 2, zasobność 340 m³/ha. Wysokość n.p.m. 640 — 680 m, teren pochyły, opadający w kierunku północnym; gleba piaszczysta z domieszką części gliniastych, kamienista, zasobna w próchnicę, wilgotna, zazieleniona miejscami zadarniona. Pokrywa: trawy, borówka, czernica.

1. Nadl. Tabórz, leśnictwo Perkunicha oddz. 12 b. Drzewostan sosnowy w wieku 180 — 200 lat, z pojedynczą domieszką buka; w podsyciu buk, dąb, brzoza, świerk. Zadrzewienie 0,6. Teren lekko falisty, gleba piaszczysta, świeża, przepuszczalna.

2. Nadl. Rytel, leśnictwo Mylof, oddz. 131. Drzewostan sosnowy w wieku 120 lat. Średnia pierśnica 32 cm, średnia wysokość 23 m, bonitacja III.

Z wymienionych drzewostanów wybrano i ścięto po dziewięć drzew próbnych, z których następnie wycięto wyrzynki próbne, na 1/3 wysokości strzały. Przy wyborze drzew próbnych posługiwano się metodą Hartiga, stosując 3 klasy grubośćowo-wysokościowe i wybierając po 3 drzewa dla każdej klasy. Drzewa próbne wybierano spośród drzew panujących. Charakterystykę drzew próbnych podaje tabela 1.

Z wyrzyneków próbnych wycięto materiał na próbki w sposób podany na rycinie 1.

Wycięty w ten sposób materiał poddano klimatyzacji w celu ujednoczenia jego wilgotności w granicach 12 — 18%, po czym wyrobiono z niego próbki o kształcie i wymiarach przewidzianych normami.

Badania własności fizycznych wykonano według następujących norm:

wilgotność	PKN/D-04100
ciężar właściwy	PKN/D-04101
procentowy udział drewna późnego	PN-55/D-04110

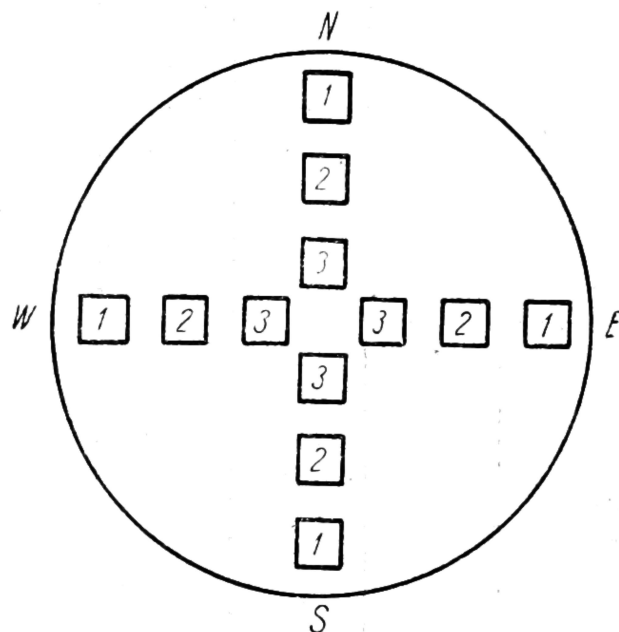
Badania własności mechanicznych wykonano według norm:

wytrzymałość na ściskanie	PKN/D-04102
wytrzymałość na zginanie statyczne	PN-55/D-04103
udarność	PKN/D-04104

Badania wytrzymałości na ściskanie i na zginanie statyczne wykonano na 5-tonowej maszynie probierczej Amslera przy zakresie obciążeń w wysokości: dla wytrzymałości na ściskanie 5000 kG i dla wytrzymałości na zginanie statyczne — 500 kG.

Badanie udarnośći wykonano na młocie udarowym Amslera przy pełnej energii spadku młota (15 kGm).

Wyniki badań opracowano na podstawie analizy statystyczno-matematycznej według poniższych wzorów.



Ryc. 1. Rozmieszczenie próbek na przekroju poprzecznym.

Charakterystyka materiału badawczego

Ś w i e r k					S o s n a				
N-ctwo	Nr kol. drzewa	Wiek lat	Pierśnica cm	Wyso-kość m	N-ctwo	Nr kol. drzewa	Wiek lat	Pierśnica cm	Wyso-kość m
Wigry	1	106	25	26,2	Tabórz	1	183	36,5	30,0
	2	92	25	27,5		2	185	37,5	27,0
	3	89	25	26,0		3	189	36,5	29,6
	4	104	34	28,2		4	185	43,3	29,5
	5	94	34	31,0		5	185	46,0	30,2
	6	98	34	30,0		6	185	43,0	30,0
	7	104	44	30,0		7	185	48,5	31,9
	8	100	43	32,0		8	187	52,0	31,0
	9	103	42	30,0		9	185	54,0	32,4
Między-lesie	10	98	24	25,4	Rytel	10	—	27,5	24,0
	11	96	25	25,0		11	—	27,5	21,5
	12	100	24	25,0		12	—	27,5	22,0
	13	102	31	27,0		13	—	34,0	22,1
	14	103	32	27,2		14	—	34,0	24,3
	15	101	32	27,1		15	—	34,0	22,6
	16	98	38	27,0		16	—	40,5	24,2
	17	97	40	31,0		17	—	41,5	24,4
	18	102	42	29,0		18	—	40,5	23,8

Poszczególne wyniki:

 x, y

Ilość poszczególnych wyników:

 n

Średnia arytmetyczna:

$$M = \frac{\sum x}{n}$$

Średnie odchylenie od średnicy arytmetycznej: $\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n} - M^2}$

Średni błąd średniej arytmetycznej:

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Kowariancja:

$$C_{xy} = \frac{\sum x \cdot y}{n} - M_1 \cdot M_2$$

Współczynnik korelacji:

$$r = \frac{C_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Błąd współczynnika korelacji: $\sigma_r = \pm \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}$

Współczynnik regresji: $R = r \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$

Wskaźnik zmienności: $V = \frac{\sigma \cdot 100}{M} \%$

Wskaźnik dokładności: $P = \frac{m \cdot 100}{M} \%$

Wiarygodność różnicy: $\mu_d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m^2_1 + m^2_2}} \geq 3$

Obliczono też współczynniki jakości drewna przy uwzględnieniu poszczególnych rodzajów wytrzymałości na podstawie wzoru

$$J = \frac{R_{15}}{\gamma_0}$$

w którym:

J — współczynnik jakości drewna wyrażony liczbą niemianowaną,

R_{15} — wytrzymałość lub inna własność mechaniczna drewna przy wilgotności 15%,

γ_0 — ciężar właściwy drewna w stanie zupełnie suchym.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

W pracy pominięto poszczególne liczbowe wyniki badań. Podano je natomiast w formie skomasowanej w postaci szeregów rozdzielczych liczebności — częstotliwości oraz w formie graficznej w postaci wykresów zależności.

Badania własności mechanicznych drewna wykonane zostały przy wilgotności „W“ zawartej w granicach od 11,7 do 18,6%. Uzyskane wyniki przeliczono następnie do 15% wilgotności na podstawie znanego wzoru Bauschingera.

Wymagania w stosunku do drewna lotniczego podano w tabeli 12 (w oparciu o polskie normy PKN/L-19000 i PKN/L-19001 oraz warunki techniczne opracowane przez Sekcję Lotniczą przy Państwowej Radzie Leśnictwa w roku 1950: „Drewno lotnicze“).

1. Ciężar właściwy

Dla scharakteryzowania ciężaru właściwego drewna świerkowego i sosnowego w stanie zupełnie suchym wykonano po 432 próby dla każdego z obu rodzajów drzew. Charakterystykę ciężaru właściwego drewna świerkowego i sosnowego przedstawiono w tabeli 2.

Charakterystyka ciężaru właściwego

Rodzaj drewna	Ilość prób	Wartość			Błąd wartości średniej	Średnie odchylenie	Wskaźnik zmienności	Wskaźnik dokładności
		Minimalna	Srednia	Maksymalna				
	n		M		m	σ	V	P
	szt.	kG/cm ³						%
Świerk	432	0,325	0,445	0,615	± 0,003	± 0,059	14,0	0,67
Sosna	432	0,365	0,475	0,690	± 0,003	± 0,053	11,1	0,53

Porównując ze sobą uzyskane charakterystyki ciężaru właściwego drewna sosnowego i świerkowego stwierdzono, że różnica między tymi ciężarami na korzyść drewna sosnowego jest wyraźna, ponieważ:

$$t_d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m^2_1 + m^2_2}} = \frac{0,475359 - 0,442627}{\sqrt{0,002543^2 + 0,002839^2}} = \pm 8,75$$

$$8,75 > 3$$

Średnie wartości ciężaru właściwego zbadanego drewna sosnowego i świerkowego przewyższają wyraźnie wymagania w stosunku do I klasy jakości drewna lotniczego każdego z tych dwu gatunków. W stosunku do wymagań sosnowego drewna lotniczego średni ciężar właściwy zbadanego świerka jest nieznacznie mniejszy od ciężaru właściwego wymaganego dla I klasy, a nieco większy od ciężaru właściwego wymaganego dla II klasy jakości.

Grupując uzyskane wyniki ciężaru właściwego drewna w szeregi rozdzielcze liczebności — częstotliwości (tabela 3), uzyskano częstotliwość wyników dla drewna sosnowego i świerkowego, w poszczególnych przedziałach szeregów; ilustrują ją wieloboki częstotliwości (ryc. 2).

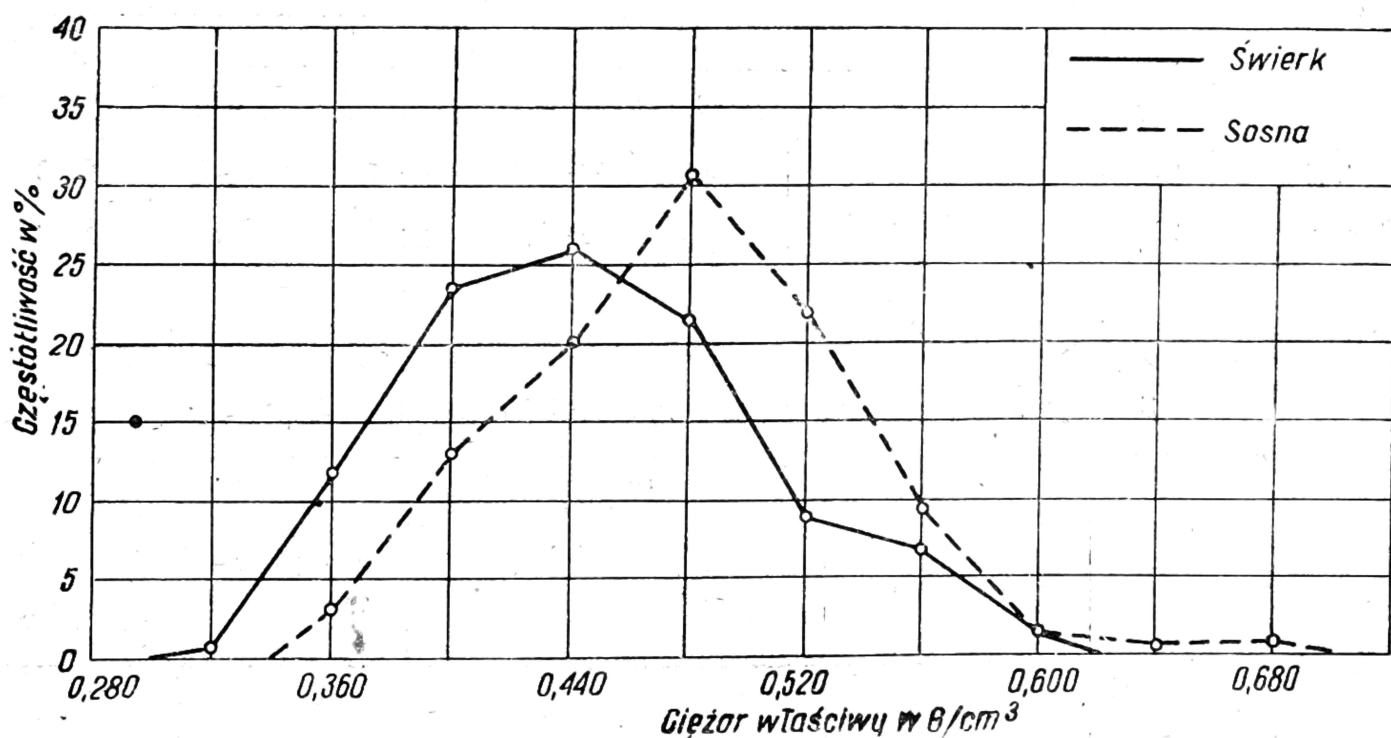
Z tabeli 3 i wykresu na ryc. 2 wynika, że dla drewna świerkowego największą ilość prób (70,4%) wykazuje ciężar właściwy zawarty w klasie 0,380—0,500 G/cm³, dla drewna sosnowego, natomiast największą ilość prób (72,9%) wykazuje ciężar właściwy zawarty w klasie 0,420—0,540 G/cm³.

Spośród 432 prób ciężaru właściwego świerka tylko 11 prób, tj. 2,6%, wykazuje wartości mniejsze od wymaganego minimum dla II klasy jakości świerkowego drewna lotniczego, a 107 prób, tj. 24,8%, wykazuje wartości mniejsze od wymaganego minimum dla I klasy.

W drewnie sosnowym przy tej samej ilości prób ciężaru właściwego 68 prób, tj. 15,7%, wykazuje wartości mniejsze od wymaganego minimum dla II klasy sosnowego drewna lotniczego, a 155 prób, tj. 35,8%, wykazuje wartości mniejsze od wymaganego minimum dla I klasy jakości. W świetle wymagań w stosunku do sosnowego drewna lotniczego 154 pró-

Szeregi rozdzielcze ciężaru właściwego

Przedziały klasowe	Wartości środkowe przedziałów	Świerk		Sosna	
		Liczebność wyników	Częstotliwość wyników	Liczebność wyników	Częstotliwość wyników
G/cm ³		szt.	%	szt.	%
0,300 —	0,320	3	0,7	—	—
0,340 —	0,360	51	11,8	12	2,8
0,380 —	0,400	100	23,2	56	12,9
0,420 —	0,440	112	25,9	87	20,1
0,460 —	0,480	92	21,3	133	30,8
0,500 —	0,520	38	8,8	95	22,0
0,540 —	0,560	30	6,9	40	9,3
0,580 —	0,600	6	1,4	6	1,4
0,620 —	0,640	—	—	1	0,2
0,660 —	0,680	—	—	2	0,5
Razem		432	100,0	432	100,0



Ryc. 2. Wieloboki częstotliwości ciężaru właściwego.

by, tj. 35,7% prób ciężaru właściwego świerka wykazuje wartości mniejsze od wymaganego minimum dla II klasy jakości, a 266 prób, tj. 61,6%, wykazuje wartości mniejsze od wymaganego minimum dla I klasy jakości.

2. Procentowy udział drewna późnego

Procentowy udział drewna późnego zbadano na 216 próbkach drewna świerkowego oraz na 216 próbkach drewna sosnowego. Charakterystykę

procentowego udziału drewna późnego dla obu rodzajów drewna przedstawiono w tabeli 4.

Porównując ze sobą uzyskane charakterystyki procentowego udziału drewna późnego sosny i świerka stwierdzono, że różnica między nimi jest istotna, ponieważ:

$$t_d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m^2_1 + m^2_2}} = \frac{26,7824 - 21,4861}{\sqrt{0,4060^2 + 0,4889^2}} = \pm 8,28$$

$$8,28 > 3 \cdot$$

Grupując uzyskane wyniki procentowego udziału drewna późnego w szeregi rozdzielcze liczebności — częstotliwości (tabela 5), uzyskano

Tabela 4

Charakterystyka procentowego udziału drewna późnego

Rodzaj drewna	Ilość prób	Wartość			Błąd wartości średniej	Średnie odchylenie	Wskaźnik zmienności	Wskaźnik dokładności
		Minimalna	Średnia	Maksymalna				
	n		M		m	σ	V	P
	szt.	%			%			
Świerk	216	5	21	43	$\pm 0,5$	± 7	33,4	2,28
Sosna	216	13	27	42	$\pm 0,4$	± 6	22,3	1,52

Tabela 5

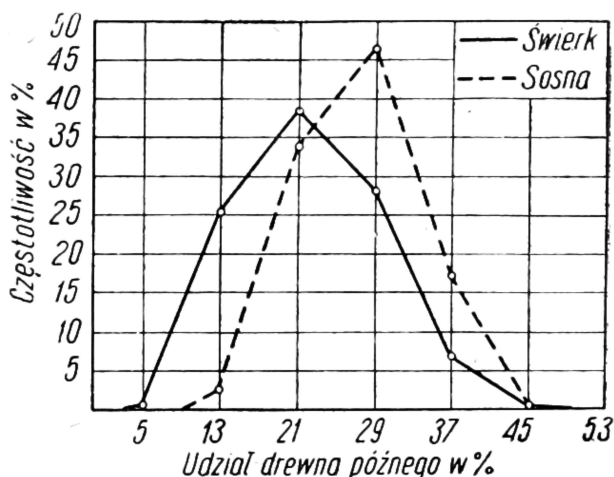
Szeregi rozdzielcze procentowego udziału drewna późnego

Przedziały klasowe	Wartość środkowa przedziałów	Świerk		Sosna	
		Liczebność wyników	Częstotliwość wyników	Liczebność wyników	Częstotliwość wyników
		szt.	%	szt.	%
1 —	5	1	0,5	—	—
9 —	13	55	25,4	5	2,3
17 —	21	83	38,4	73	33,8
25 —	29	61	28,2	100	46,3
33 —	37	15	7,0	37	17,1
41 —	45	1	0,5	1	0,5
Razem		216	100,0	216	100,0

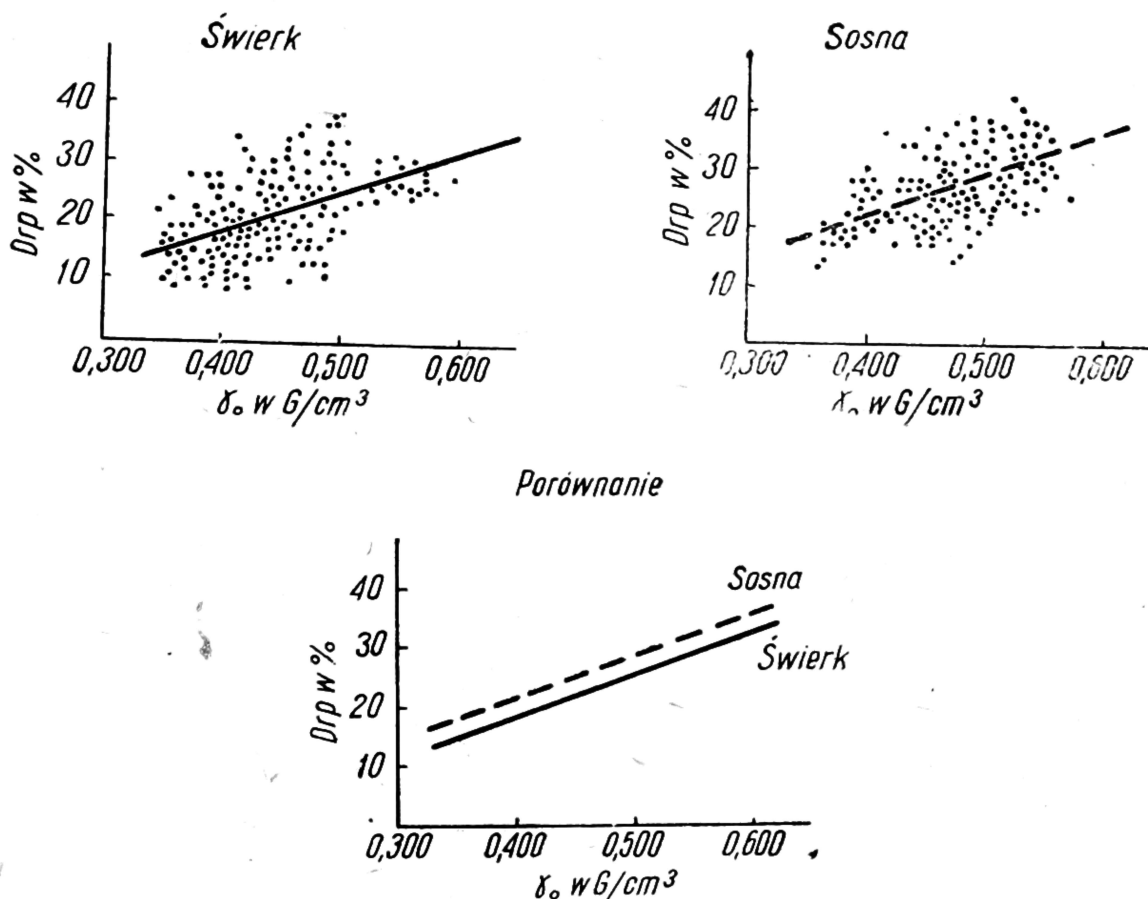
częstotliwość wyników dla świerka i sosny, w poszczególnych przedziałach tych szeregów. Ilustrują ją wieloboki częstotliwości (ryc. 3).

Z tabeli 5 i wykresu na rycinie 3 wynika, że dla drewna świerkowego największą ilość prób wykazuje procentowy udział drewna późnego zawarty w klasie 9—33%, dla drewna sosnowego natomiast w klasie 17—41%.

Zależność ciężaru właściwego drewna w stanie zupełnie suchym od procentowego udziału drewna późnego dla obydwu rodzajów drewna jest duża, gdyż współczynnik korelacji wynosi dla świerka $0,560 \pm 0,047$, a dla sosny $0,551 \pm 0,047$.



Ryc. 3. Wieloboki częstotliwości procentowego udziału drewna późnego.



Ryc. 4. Zależność procentowego udziału drewna późnego od ciężaru właściwego w stanie zupełnie suchym.

Równania regresji przedstawiają się następująco:

$$\text{świerk } \gamma_0 = 0,005 \text{ Drp} + 0,34$$

$$\text{sosna } \gamma_0 = 0,004 \text{ Drp} + 0,37$$

Na ryc. 4 zilustrowano zależność odwrotną, której równania przedstawiają się następująco:

$$\text{świerk } \text{Drp} = 71\gamma_0 - 10,$$

$$\text{sosna } \text{Drp} = 67\gamma_0 - 5.$$

3. Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien

Badania wytrzymałości na ściskanie wykonano na 216 próbkach drewna świerkowego i 216 próbkach drewna sosnowego. Charakterystykę wytrzymałości na ściskanie przy wilgotności 15% przedstawiono dla obu gatunków drewna w tabeli 6.

Porównując ze sobą uzyskane charakterystyki wytrzymałości na ściskanie drewna sosnowego i świerkowego stwierdzono, że różnica pomiędzy tymi wytrzymałościami jest istotna, ponieważ:

$$\mu_d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m^2_1 + m^2_2}} = \frac{406,7130 - 383,8426}{\sqrt{3,6570^2 + 4,5863^2}} = \pm 3,90$$

$$3,90 > 3$$

Tabela 6

Charakterystyka wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien

Rodzaj drewna	Ilość prób	Wartość			Błąd wartości średnie	Średnie odchylenie	Wskaźnik zmienności	Wskaźnik dokładności
		Minimalna	Średnia	Maksymalna				
	n		M		m	σ	V	P
	szt.	kG/cm ²						%
Świerk	216	220	380	550	± 5	± 67	17,6	1,19
Sosna	216	290	410	540	± 4	± 54	13,2	0,90

Wartość średnia wytrzymałości zbadanego drewna świerkowego na ściskanie jest nieco mniejsza od wymaganego minimum dla I klasy jakości drewna lotniczego, większa zaś jest od wymaganego minimum dla II klasy jakości.

Wartość średnia wytrzymałości na ściskanie zbadanego drewna sosnowego jest nieznacznie większa od wymaganego minimum dla I klasy jakości, a już wyraźnie większa od wymaganego minimum dla II klasy jakości drewna lotniczego.

Grupując uzyskane wyniki wytrzymałości na ściskanie w szeregi rozdzielcze liczebności — częstotliwości (tabela 7), uzyskano częstotliwość wyników dla każdego z obu gatunków drewna w poszczególnych przedziałach tych szeregów; ilustrują ją wieloboki częstotliwości (ryc. 5).

Z tabeli 7 i wykresu na ryc. 5 wynika, że największą ilość prób wykonanych w drewnie świerkowym wykazuje wytrzymałość na ściskanie zawarta w klasie 320—440 kG/cm², a wykonanych na drewnie sosnowym — w klasie 360—480 kG/cm².

W świetle wymagań dla drewna lotniczego, 71 wykonanych prób drewna świerkowego, tj. 32,9% wykazuje wartości mniejsze od wymaganego

Szeregi rozdzielcze wytrzymałości na ściskanie

Przedziały klasowe	Wartości środkowe przedziałów	Świerk		Sosna	
		Liczebność wyników	Częstotliwość wyników	Liczebność wyników	Częstotliwość wyników
kG/cm ²		szt.	%	szt.	%
200 —	220	1	0,5	—	—
240 —	260	8	3,7	—	—
280 —	300	30	13,9	11	5,1
320 —	340	42	19,5	28	13,0
360 —	380	60	27,7	46	21,3
400 —	420	30	13,9	60	27,7
440 —	460	24	11,1	52	24,1
480 —	500	12	5,5	16	7,4
520 —	540	9	4,2	3	1,4
Razem		216	100,0	216	100,0

minimum dla II klasy jakości, a 141 prób, tj. 65,3% wykazuje wartości mniejsze od wymaganego minimum dla I klasy jakości.

Zbadane drewno sosnowe wykazuje natomiast 32 wyniki (14,8%) mniejsze od wymaganego minimum dla II klasy jakości oraz 85 wyników (39,4%) mniejszych w stosunku do wymagań dla I klasy jakości drewna lotniczego.

Zależność wytrzymałości drewna na ściskanie przy wilgotności 15% od jego ciężaru właściwego w stanie zupełnie suchym ilustruje dla obu zbadanych rodzajów drzew ryc. 6. Zależność ta jest tak dla świerka, jak i dla sosny bardzo duża, gdyż współczynniki korelacji wynoszą: $0,855 \pm 0,018$ oraz $0,862 \pm 0,018$.

Równania regresji przedstawiają się następująco:

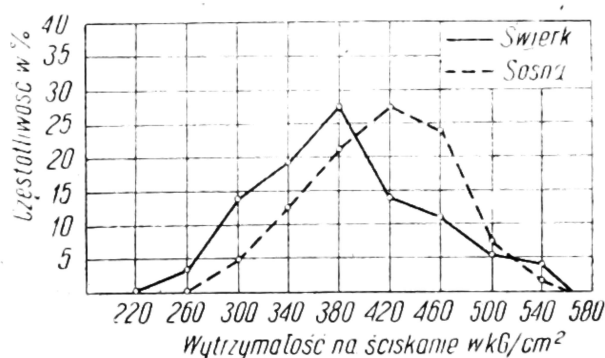
$$\text{świerk } R_{c_{15}} = 948 \gamma_0 - 36,$$

$$\text{sosna } R_{c_{15}} = 835 \gamma_0 + 6.$$

Równanie regresji pozwala z dostateczną dokładnością obliczyć w ramach jednej populacji wielkość danej wytrzymałości na podstawie ciężaru właściwego.

Współczynniki jakości drewna wynoszą:

$$\begin{array}{ll} \text{świerk} & 870 \\ \text{sosna} & 850 \end{array}$$

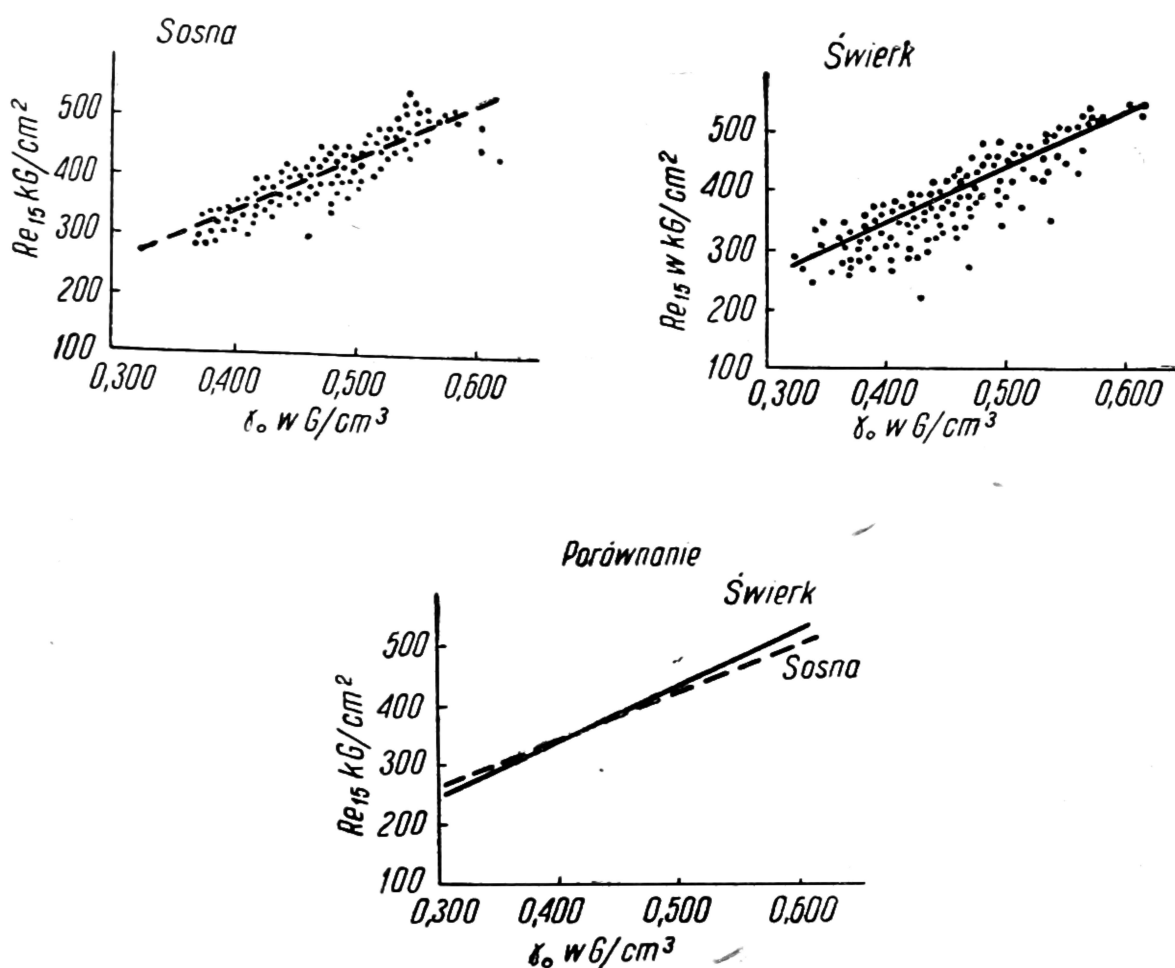


Ryc. 5. Wieloboki częstotliwości wytrzymałości na ściskanie.

Jak widać, współczynnik jakości drewna świerka jest nieco wyższy niż sosny.

4. Wytrzymałość na zginanie statyczne

Badania wytrzymałości na zginanie statyczne wykonano na 216 próbach drewna świerkowego oraz 216 próbach drewna sosnowego. Charakterystykę wytrzymałości na zginanie statyczne drewna przy wilgotności 15%, przedstawiono dla obu gatunków drewna w tabeli 8.



Ryc. 6. Zależność wytrzymałości na ściskanie ciężaru właściwego.

Porównując ze sobą uzyskane charakterystyki wytrzymałości na zginanie statyczne drewna sosnowego i świerkowego stwierdzono, że różnica między tymi wytrzymałościami jest nieistotna, ponieważ:

$$\mu_d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} = \frac{689,9074 - 664,5833}{\sqrt{6,0833^2 + 7,4570^2}} = \pm 2,62$$

$$2,62 < 3$$

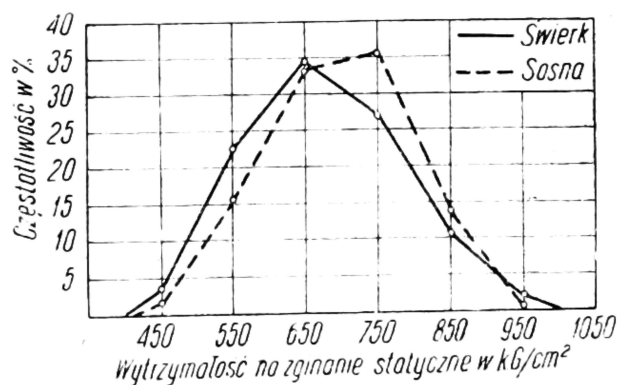
Grupując uzyskane wyniki wytrzymałości na zginanie statyczne w szeregi rozdzielcze liczebności — częstotliwości (tabela 9) uzyskano częstotliwość wyników dla drewna świerkowego i sosnowego, w poszczególnych przedziałach szeregów. Ilustrują ją wieloboki częstotliwości (ryc. 7).

Charakterystyka wytrzymałości na zginanie statyczne

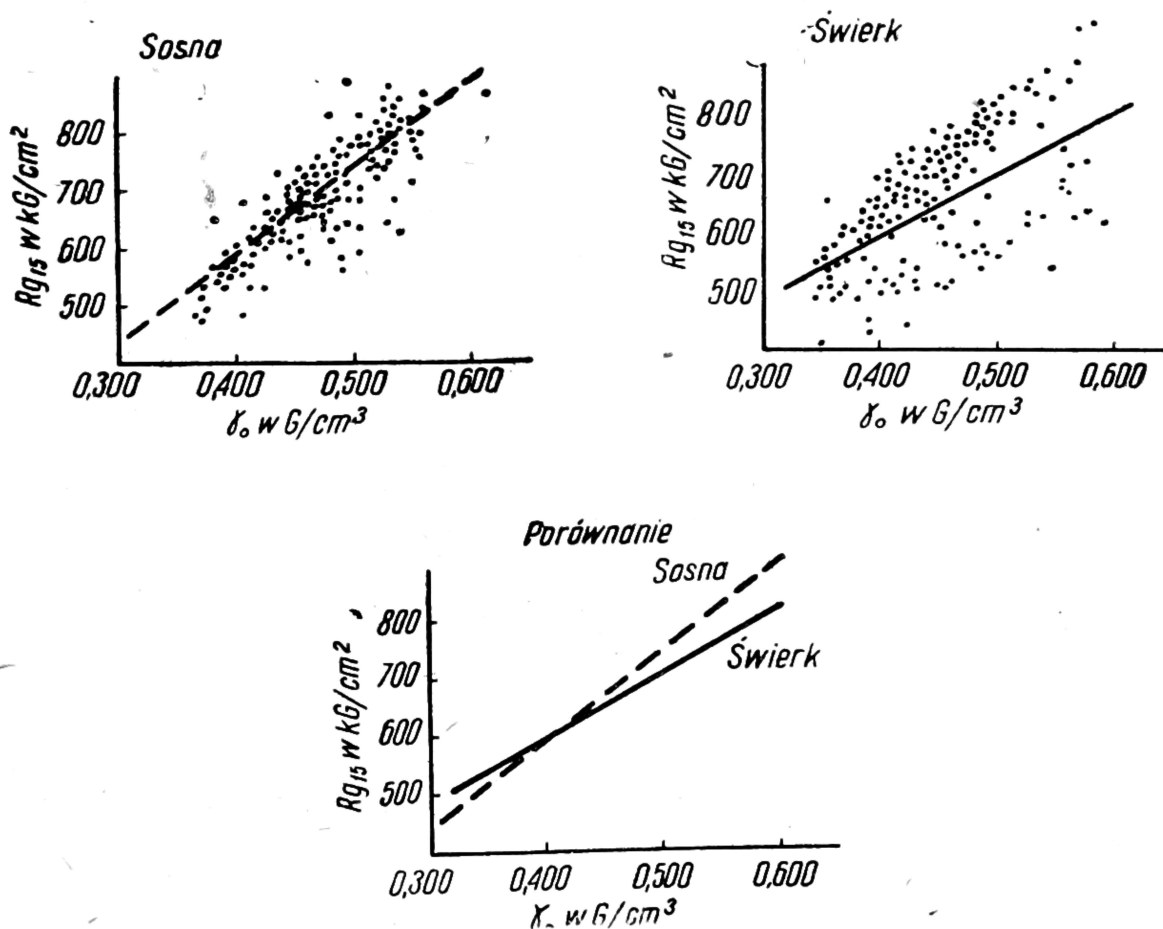
Rodzaj drewna	Ilość prób	Wartość			Błąd wartości średniej	Średnie odchylenie	Wskaźnik zmienności	Wskaźnik dokładności
		Minimalna	Średnia	Maksymalna				
	n		M		m	σ	V	P
	szt.	kG/cm ²						%
Świerk	216	410	660	970	± 7	± 110	16,5	1,12
Sosna	216	470	690	890	± 6	± 89	13,0	0,88

Z tabeli 9 i wykresu na rycinie 7 wynika, że największą ilość prób zarówno dla świerka jak i sosny wykazuje wytrzymałość na zginanie statyczne zawarta w klasie 500 — 800 kG/cm².

Zależność wytrzymałości drewna na zginanie statyczne (przy wilgotności 15%) od jego ciężaru właściwego w stanie zupełnie suchym ilustruje dla obu gatunków drewna rycina 8. Zależność ta jest duża, gdyż współ-



Ryc. 7. Wieloboki częstotliwości wytrzymałości na zginanie statyczne.



Ryc. 8. Zależność wytrzymałości na zginanie statyczne od ciężaru właściwego.

Szeregi rozdzielcze wytrzymałości na zginanie statyczne

Tabela 9

Przedziały klasowe	Wartości środkowe przedziałów	Świerk		Sosna	
		Liczebność wyników	Częstotliwość wyników	Liczebność wyników	Częstotliwość wyników
kG/cm ²		szt.	%	szt.	%
400 —	450	8	3,7	4	1,8
500 —	550	49	22,7	33	15,3
600 —	650	74	34,3	73	33,8
700 —	750	58	26,9	76	35,2
800 —	850	23	10,6	30	13,9
900 —	950	4	1,8	—	—
Razem		216	100,0	216	100,0

czynnik korelacji dla świerka wynosi $0,570 \pm 0,040$, a dla sosny nawet $0,841 \pm 0,020$.

Równania regresji wytrzymałości na zginanie statyczne przedstawiają się następująco:

$$\begin{array}{l} \text{świerk} \quad R_{g_{15}} = 1104 \gamma_0 + 156, \\ \text{sosna} \quad R_{g_{15}} = 1525 \gamma_0 - 28. \end{array}$$

Współczynnik jakości drewna (uwzględniający wytrzymałość na zginanie statyczne) jest nieco większy dla świerka niż dla sosny, a mianowicie:

$$\begin{array}{l} \text{świerk} \quad 1500 \\ \text{sosna} \quad 1470 \end{array}$$

Warunki techniczne dla drewna lotniczego nie określają minimalnej wytrzymałości na zginanie statyczne.

5. U d a r n o ś ć

Badania udarności przeprowadzono na 216 próbach drewna świerkowego i 216 próbach drewna sosnowego. Charakterystykę udarności drewna przy wilgotności 15% przedstawia dla obu gatunków drewna tabela 10.

Porównując ze sobą uzyskane charakterystyki udarności drewna sosnowego i świerkowego stwierdzono, że różnica między tymi udarnościami, dająca się zaobserwować tylko przed zaokrągleniem wartości średnich do $0,05 \text{ kGm/cm}^2$, jest tylko przypadkowa, ponieważ:

$$t_d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} = \frac{0,4660 - 0,4340}{\sqrt{0,0066^2 + 0,0098^2}} = \pm 2,71$$

$$2,71 < 3$$

Wartość średnia udarności jest bardzo wyraźnie większa od wymaganego minimum zarówno dla II, jak i I klasy jakości świerkowego drewna lotniczego, a nawet nieco większa od wymagań dla I klasy jakości sosnowego drewna lotniczego. Wartość średnia udarności sosny jest podobnie nieco większa od wymagań dla I klasy jakości sosnowego drewna lotniczego.

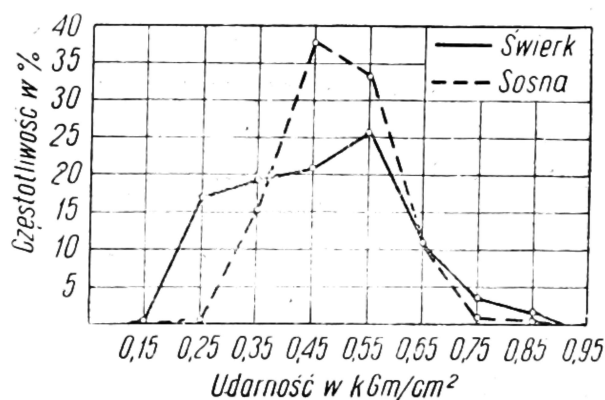
Grupując uzyskane wyniki udarności w szeregi rozdzielcze liczebności — częstotliwości (tabela 11) uzyskano częstotliwość wyników dla każdego z obu gatunków drewna, w poszczególnych przedziałach tych szeregów; ilustrują ją wieloboki częstotliwości (ryc. 9).

Tabela 10

Charakterystyka udarności

Rodzaj drewna	Ilość prób	Wartość			Błąd wartości średniej	Średnie odchylenie	Wskaźnik zmienności	Wskaźnik dokładności
	n	Minimalna	Średnia	Maksymalna				
	szk.	kG/cm ²			m	σ	V	P
Świerk	216	0,15	0,45	0,85	± 0,01	± 0,14	33,2	2,26
Sosna	216	0,25	0,45	0,80	± 0,02	± 0,10	20,9	1,42

Z tabeli 11 i wykresu na rycinie 9 wynika, że największą ilość prób zarówno dla świerka jak i sosny wykazuje udarność zawarta w klasie 0,30—0,60 kGm/cm². Zbadane na udarność drewno świerkowe wykazuje, iż na 216 wykonanych prób tylko 10 prób (4,6%) dało wartości mniejsze od wymaganego minimum dla II klasy jakości, a 60 prób (27,7%) dało wyniki mniejsze od wymaganego minimum dla I klasy jakości świerkowego drewna lotniczego.



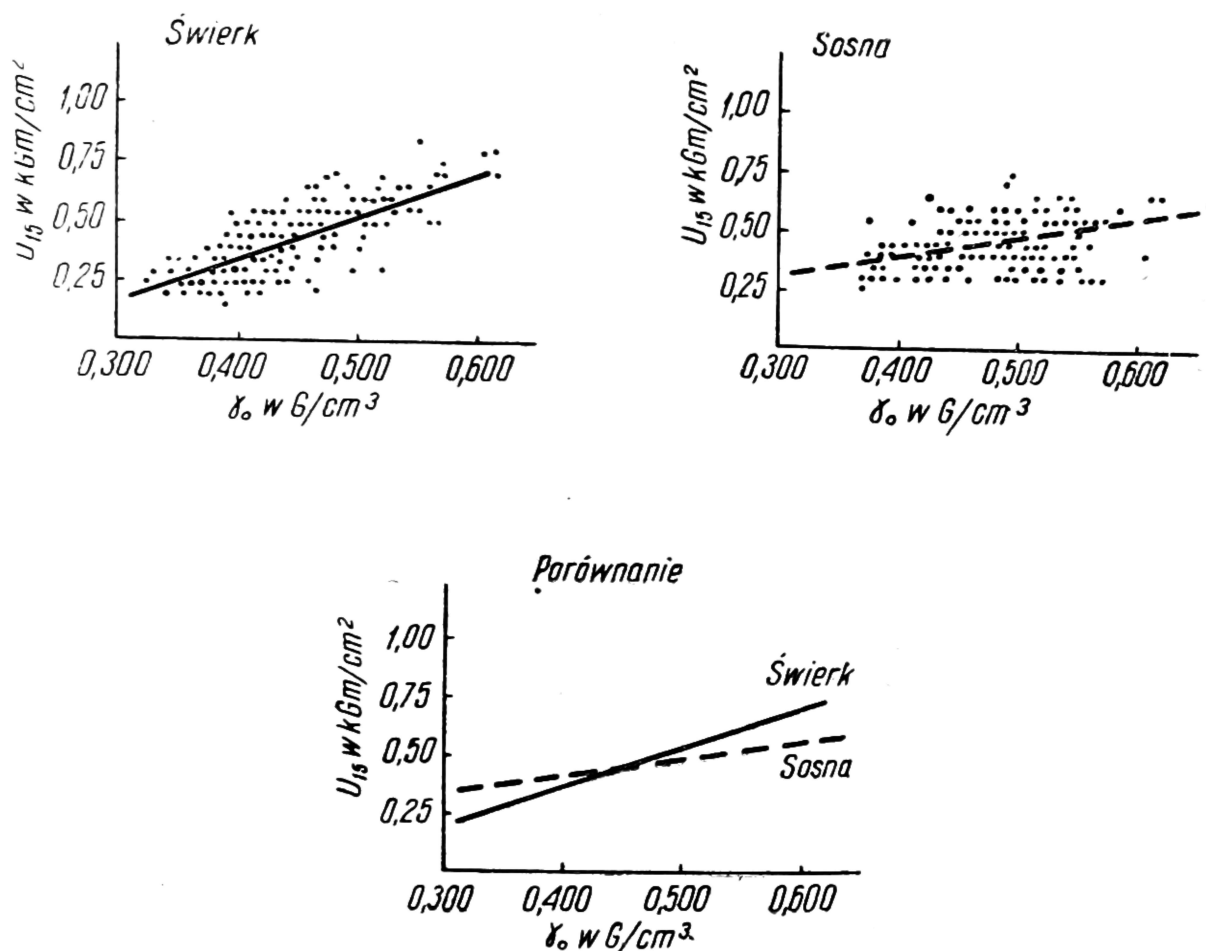
Ryc. 9. Wieloboki częstotliwości udarności.

W stosunku do sosnowego drewna lotniczego 38 prób (17,6%) zbadanego drewna świerkowego wykazało udarność mniejszą od wymaganego minimum dla II klasy jakości, a 80 prób (37,0%) wykazało udarność mniejszą od minimum wymaganego dla I klasy jakości.

W zbadanym drewnie sosnowym tylko jedna próba wykazała udarność mniejszą od wymaganego minimum dla II klasy jakości, a 35 prób (16,2%) wykazało udarność mniejszą od minimum wymaganego dla I klasy jakości sosnowego drewna lotniczego.

Zależność udarności drewna przy wilgotności 15% od jego ciężaru właściwego w stanie zupełnie suchym ilustruje, dla obu gatunków drewna, rycina 10. Zależność ta jest dla świerka bardzo duża, gdyż współczyn-

nik korelacji wynosi $0,713 \pm 0,033$; dla sosny jest ona mniejsza, gdyż współczynnik korelacji wynosi $0,389 \pm 0,058$.



Ryc. 10. Zależność udarności od ciężaru właściwego.

Równania regresji udarności przedstawiają się następująco:

$$\begin{aligned} \text{świerk } U_{15} &= 1,69 \gamma_0 - 0,31, \\ \text{sosna } U_{15} &= 0,68 \gamma_0 + 0,14. \end{aligned}$$

Współczynnik jakości drewna przy uwzględnieniu udarności jest nieco większy dla świerka niż dla sosny; współczynniki te są następujące:

$$\begin{aligned} \text{świerk } &0,98 \\ \text{sosna } &0,97 \end{aligned}$$

Ogólne zestawienie średnich wyników badań podano w tabeli 11.

6. Streszczenie analizy wyników

Przeprowadzone badania drewna świerkowego i sosnowego wykazują, że niektóre własności tych obu gatunków drewna, jak wytrzymałość na zginanie statyczne i udarność są do siebie bardzo zbliżone i że nie ma między nimi różnic istotnych. Pozostałe zbadane własności wykazują nieco większe, istotne różnice pomiędzy tymi dwoma gatunkami drewna.

Szeregi rozdzielcze udarności

Przedziały klasowe	Wartości środkowe przedziałów	Świerk		Sosna	
		Liczebność wyników	Częstotliwość wyników	Liczebność wyników	Częstotliwość wyników
kG/cm ²		szt.	%	szt.	%
0,10 —	0,15	1	0,5	—	—
0,20 —	0,25	37	17,1	1	0,5
0,30 —	0,35	42	19,5	34	15,7
0,40 —	0,45	45	20,8	82	38,0
0,50 —	0,55	56	25,9	72	33,3
0,60 —	0,65	24	11,1	24	11,1
0,70 —	0,75	8	3,7	2	0,9
0,80 —	0,85	3	1,4	1	0,5
Razem		216	100,0	216	100,0

Tabela 12

Porównawcze zestawienie średnich wyników badań własności technicznych drewna świerkowego i sosnowego

Zbadana własność drewna	Jednostka	Gatunek drewna		Wymagania polskich norm na drewno lotnicze		
		Świerk	Sosna	Klasa jakości	Świerk	Sosna
Ciężar właściwy	G/cm ³	0,445	0,475	I II	0,400 0,350	0,460 0,420
Procentowy udział drewna późnego	%	21	27	—	—	—
Wytrzymałość na ściskanie	kG/cm ²	380	410	I II	400 350	400 350
Współczynnik jakości przy uwzględnieniu wytrzymałości na ściskanie	—	870	850	—	—	—
Wytrzymałość na zginanie statyczne	kG/cm ²	660	690	—	—	—
Współczynnik jakości przy uwzględnieniu wytrzymałości na zginanie statyczne	—	1500	1470	—	—	—
Udarność	kGm/cm ²	0,45	0,45	I II	0,25 0,25	0,40 0,30
Współczynnik jakości przy uwzględnieniu udarności	—	0,98	0,97	—	—	—

W stosunku do wymagań lotnictwa ciężar właściwy zbadanego drewna zarówno u świerka, jak i u sosny odpowiada wymaganiom stawianym w stosunku do I klasy jakości drewna lotniczego.

Wytrzymałość na ściskanie sosny jest nieco wyższa od wymaganego minimum I klasy jakości drewna lotniczego.

Wytrzymałość na ściskanie zbadanego drewna świerkowego jest nieco niższa od wymaganego minimum dla świerka lotniczego I klasy jakości, wyższa natomiast od wymaganego minimum dla II klasy jakości. Należy jednak zaznaczyć, że badaniami objęte zostały również te partie drewna, które położone są najbliżej rdzenia, a więc drewno najslabsze. Po wyeliminowaniu drewna przyrdzeniowego średnia wytrzymałość na ściskanie wzrasta do 400 kG/cm². Wyłączając przy produkcji tarcicy lotniczej partie drewna przyrdzeniowego można otrzymać materiał o wyższej wytrzymałości na ściskanie, odpowiadający wymaganiom I klasy jakości drewna lotniczego.

Udarność zbadanego świerka i sosny odpowiada w zupełności wymaganiom stawianym w stosunku do I klasy drewna lotniczego.

WNIOSKI

1. Na podstawie uzyskanych wyników badań należy stwierdzić, że w świetle wymagań stawianych przez lotnictwo, drewno świerkowe może być stosowane w konstrukcjach lotniczych na równi z drewnem sosnowym.

2. Wymagania lotnictwa zawarte w normach na drewno lotnicze nie wyczerpują całokształtu zagadnienia przydatności drewna na cele lotnicze. Oprócz wymienionych w normach własności fizycznych i mechanicznych nie mniejszą rolę odgrywają pozostałe własności techniczne drewna.

3. Celem racjonalnego wykorzystania drewna świerkowego niewystarczające jest zbadanie jego własności na podstawie dwu tylko stanowisk świerka. Należy zbadać drewno świerkowe pochodzące z pozostałych typowych dla świerka stanowisk. Ponadto należałoby zbadać w ramach badań kontrolnych, produkowaną przez tartaki świerkową tarcicę lotniczą celem wykrycia baz surowca dostarczających najlepszy materiał lotniczy.