FOLIA FORESTALIA POLONICA
SERIA B, ZESZYT 6 1965

Bolesław Gonet

WPŁYW CIŚNIENIA I CZASU PAROWANIA NA KURCZLIWOŚĆ I PĘCZNIENIE DREWNA BUKOWEGO

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ВРЕМЕНИ ПРОПАРКИ НА УСУШКУ И НАБУХАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ БУКА

EINFLUSS DES DRUCKES UND DER DÄMPFZEIT AUF DIE SCHWINDUNG UND QUELLUNG VON BUCHENHOLZ

Wstęp

W ostatnich czasach wykorzystanie drewna bukowego w przemyśle drzewnym wydatnie wzrosło. Szerokie zastosowanie tego drewna znajduje uzasadnienie w jego wysokich właściwościach technicznych. Przy tym jest ono jednak surowcem trudnym w obróbce, wykazującym skłonność do łatwego psucia się na skutek procesów rozkładowych oraz paczenia się i pękania. Dotyczy to zwłaszcza tarcicy w czasie jej składowania. W związku z tym zagadnienie racjonalnej konserwacji surowca i tarcicy bukowej stanowi ważny problem naukowy i techniczny.

Jednym z ogólnie znanych i od dawna stosowanych sposobów uszlachetniania tarcicy bukowej jest jej parowanie. [1]

Parowanie drewna stosuje się jako:

1) zabieg pomocniczy przed suszeniem lub w czasie suszenia tarcicy w celu wyrównania wilgotności i naprężeń w suszonym materiale;

2) zabieg wstępny mający na celu zwiększenie plastyczności drewna przed obróbką gięciem lub skrawaniem;

3) zabieg konserwacyjno-uszlachetniający stosowany głównie w odniesieniu do tarcicy bukowej.

Każdy z tych rodzajów parowania powoduje pewną zmianę barwy Dotyczy to specjalnie drewna bukowego i orzechowego. Najbardziej intensywne zmiany zachodzą przy parowaniu konserwacyjno-uszlachetniającym. W tym wypadku drewno bukowe uzyskuje równomierną barwę różowo czerwoną, podobną do barwy mahoniu. Jest to cecha dodatnia,

[1] Terminem „parowanie" określa autor proces technologiczny polegający na działaniu na drewno parą wodną.

gdyż wraz ze zmianą barwy zanikają różnice w zabarwieniu drewna zdrowego i drewna dotkniętego fałszywą lub mrozową twardzielą. Zniwelowanie tych różnic pozwala na lepsze ilościowe wykorzystanie surowca bukowego w produkcji mebli giętych i półgiętych, deszczułek posadzkowych oraz w budowie wagonów i w innych dziedzinach zastosowania. Szczególnie ważną rolę odgrywa parowanie konserwacyjno-uszlachetniające w produkcji bukowych deszczułek posadzkowych, gdyż nie tylko zwiększa ich wartość estetyczną przez zmianę barwy, lecz — zdaniem praktyków z przemysłu budowlanego — przyczynia się również do utrwalania wymiarów.

Stabilizacja wymiarów drewna zależna jest przede wszystkim od wielkości skurczu i pęcznienia oraz od ich wzajemnego stosunku w kierunku stycznym i promieniowym.

Ustalenie wpływu parowania na kurczliwość i pęcznienie drewna ma znaczenie ogólne, niezależnie od celu jakiemu parowanie ma służyć. W ujęciu praktycznym pracę niniejszą nastawiono głównie na zagadnienie związane z parowaniem konserwacyjno-uszlachetniającym. Istniejące w literaturze fachowej i w praktyce różnice poglądów na temat zmian kurczliwości i pęcznienia drewna pod wpływem parowania stanowiły punkt wyjściowy do podjęcia niniejszej pracy [1].

I. PRZEGLĄD LITERATURY

Zagadnienie parowania drewna bukowego ujmowane jest w literaturze fachowej różnokierunkowo w zależności od celu, jakiemu ma służyć. Duża część prac poświęcona jest zmianom zachodzącym w technicznych własnościach drewna. Chociaż parowanie konserwacyjno-uszlachetniające jest od dawna stosowane w przemyśle drzewnym, jego podstawy teoretyczne są dotychczas słabo opracowane, a technologia opiera się głównie na spostrzeżeniach praktycznych nie popartych konkretnymi pomiarami i analizą doświadczalno-naukową. Skutkiem tego poglądy na technologię i efekty parowania wykazują duże rozbieżności.

Dodatkową trudność w ocenie skutków parowania stwarza fakt, że prace doświadczalne były wykonywane w różnych celach i przy stosowaniu różnej metodyki, przy czym większość prac doświadczalnych poświęcono uplastyczniającemu parowaniu drewna.

Dotychczasowe badania nad zmianami kurczliwości i pęcznienia drewna pod wpływem parowania prowadzono zasadniczo w dwu kierunkach:

1) badania nad zmianami pęcznienia w czasie nawilżania;
2) badania całkowitego efektu kurczenia się i pęcznienia.

---

[1] Doniesienie tymczasowe o wynikach niniejszej pracy opublikowano w „Sylwanie" 1963; zeszyt 4.

Prac na temat badań całkowitego efektu kurczenia się i pęcznienia opublikowano stosunkowo mniej niż prac nad przebiegiem pęcznienia drewna parowanego.

Natomiast w dostępnej literaturze fachowej nie znaleziono prac nad przebiegiem zmian wilgotności i kurczliwości w czasie wysychania parowanego drewna. Lukę tę wypełnia niniejsza praca.

Badania R. Falcka i H. Lutza (6) nad wpływem parowania, przy zastosowaniu ciśnień od 1 do 3 atn w czasie od 5 do 10 godzin, na pęcznienie oraz zmianę ciężaru właściwego drewna wykazały, że:

1) ciężar właściwy drewna ulega zmniejszeniu;

2) pęcznienie drewna zmienia się w zależności od stosowanego czasu parowania; przy krótkich okresach parowania zwiększa się, przy dłuższych — zmniejsza się;

3) parowanie drewna pod ciśnieniem działa znacznie ostrzej.

Początkowa zmiana zabarwienia na czerwono ustępuje przy ciśnieniu 1 atn (119,6° C). Natomiast przy ciśnieniu 3—9 atn (142,2—179° C) następuje wzrastający rozkład drewna, przy czym barwa drewna zmienia się na brązową. Parowanie drewna przeprowadzone w atmosferze wzbogaconej w tlen przyspiesza rozkład drewna nawet w niższych temperaturach pary.

Do nieco odmiennych wyników doszli Schwalbe i Ender (43). Stwierdzili oni, że parowanie przy zastosowaniu ciśnienia atmosferycznego obniża pęcznienie drewna bukowego bez fałszywej twardzieli o 19,3%, a drewna z fałszywą twardzielą przekroju poprzecznego — o 32,6%. Jednakże drewno staje się bardziej kruche, co stwierdzono na podstawie oględzin przełomu drewna.

Badania Kollmanna (15) wykazały, że drewno parowane i następnie wysuszone pęcznieje znacznie słabiej niż drewno nie parowane. Wpływ parowania jest tym większy, im wyższe zastosowano ciśnienie i im dłużej trwał proces parowania. W porównaniu z drewnem wysuszonym w temperaturze 103° C (lecz nie parowanym), drewno bukowe poddane działaniu pary nasyconej o temperaturze 100° C przy ciśnieniu 0 atn przez 60 minut wykazuje zmniejszenie pęcznienia w kierunku stycznym o 12%, drewno parowane pod ciśnieniem 1 atn — o 13%, pod ciśnieniem 2 atn — o 21%, pod ciśnieniem 3 atn — o 28%. Zwiększenie czasu parowania do 120 minut przy zastosowanym ciśnieniu 3 atn powoduje dalsze zmniejszenie pęcznienia w kierunku stycznym do 38%.

W badaniach przeprowadzanych w Anglii (45) [1] stwierdzono, że drewno bukowe poddane parowaniu kurczy się i pęcznieje przy desorpcji i sorpcji wody podobnie jak drewno bukowe nie parowane. W wyniku tych badań wyrażono pogląd, że parowanie — poza zmianą barwy drewna — nie przynosi istotnych korzyści.

---

[1] Cytowane za *Kollmannem* (16).

Późniejsze badania nad wpływem parowania na kurczliwość świeżego drewna bukowego wykonane we Francji (5) wykazały większą kurczliwość drewna parowanego niż nie parowanego; wzrost kurczliwości wynosił od 2 do 3%. Natomiast parowane drewno przeschnięte wykazało większą stabilizację wymiarów.

Zagadnieniu wpływu parowania na stabilizację wymiarów drewna poświęcono również wiele prac w Instytucie Badawczym Drzewnictwa w Bratysławie. Badania w tym zakresie prowadził Kubinsky (20). Stwierdził on, że na ogół ze wzrostem czasu parowania wzrastają pęcznienie i kurczliwość drewna. Odmienne wyniki badań niemieckich tłumaczy Kubinsky nieodpowiednim doborem kontrolnego materiału badawczego.

Do podobnych wyników doszedł również autor [1] we wstępnych badaniach nad wpływem parowania na kurczliwość i pęcznienie drewna bukowego, stwierdzając, że drewno parowane wykazuje większe wartości skurczu i pęcznienia w porównaniu z drewnem nie parowanym.

Wynikom prac prowadzonych w Czechosłowacji przeczą wyniki badań wykonanych w Rumuńskim Instytucie Technologii Drewna i Papieru przez Ghelmeziu (8). Badania te wykazały na ogół nieznaczne zmniejszenie skurczu parowanego drewna bukowego bez fałszywej twardzieli, natomiast skurcz drewna z fałszywą twardzielą ulegał bardzo dużym wahaniom. Czas parowania w warunkach fabrycznych wynosił od 24 do 42 godzin.

Badania Perkitnego, Ławniczaka i Marciniaka (34) wykazały, że w wyniku parowania nieznacznie zmniejsza się pęcznienie drewna w kierunku stycznym i promieniowym. Badania prowadzono w warunkach laboratoryjnych; czas parowania wynosił od 1 do 3 godzin.

Podobne różnice poglądów istnieją wśród praktyków zajmujących się konserwacyjno-uszlachetniającym parowaniem drewna bukowego (4, 29, 30, 42).

II. CEL I ZAKRES PRACY ORAZ ZAŁOŻENIA METODYCZNE

Głównym celem pracy było zbadanie wpływu parowania na kurczliwość i pęcznienie drewna bukowego przy zastosowaniu zmiennych parametrów procesu, a więc przy zróżnicowaniu ciśnienia i czasu parowania.

Zakres pracy obejmuje:

1) zbadanie wpływu parowania na jednostkowy skurcz całkowity [2] i jednostkowe pęcznienie całkowite drewna bukowego w kierunku promieniowym i stycznym;

[1] Materiały nie publikowane.

[2] Definicję terminu „jednostkowy skurcz całkowity" podano na str. 137.

2) określenie zachodzących pod wpływem parowania zmian stosunku jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku stycznym do jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku promieniowym oraz stosunku jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku stycznym do jednostkowego pęcznienia w kierunku promieniowym;

3) określenie zmian wilgotności parowanego i nie parowanego drewna bukowego w czasie wysychania i nawilżania;

4) określenie zmian jednostkowego skurczu w kierunku promieniowym i stycznym przy wysychaniu parowanego i nie parowanego drewna bukowego oraz zmian jednostkowego pęcznienia przy jego nawilżaniu;

5) zbadanie odkształceń drewna w kierunku promieniowym i stycznym zachodzących pod wpływem parowania;

6) zbadanie zmian wilgotności drewna pod wpływem parowania.

Rozwiązanie tych ogólnych zagadnień może mieć różnokierunkowe znaczenie. W zastosowaniu praktycznym uzyskane wyniki będą mogły przede wszystkim stanowić podstawę do krytycznej oceny wpływu parowania konserwacyjno-uszlachetniającego na jakość drewna i utrwalenie jego wymiarów, poza tym będą mogły przyczynić się do wyjaśnienia rozbieżności dotychczasowych poglądów.

Badania dotyczące całkowitego skurczu i pęcznienia przeprowadzono na materiale parowanym w autoklawie oraz w parzelni fabrycznej. Poza tym na materiale parowanym w parzelni przeprowadzono badanie zmian wilgotności, kurczliwości w czasie wysychania oraz pęcznienia w czasie nawilżania drewna. Taki podział zakresu prac został przyjęty w wyniku wstępnych badań. Badania te wykazały brak istotnych zmian jednostkowego skurczu całkowitego i pęcznienia drewna pod wpływem parowania w parzelni fabrycznej. Wobec tego przeprowadzono badania nad zachowaniem się drewna parowanego w parzelni i drewna nie parowanego w czasie wysychania i nawilżania w normalnych warunkach otoczenia.

Badania na materiale parowanym w warunkach laboratoryjnych miały znaczenie teoretyczne, a w warunkach fabrycznych — praktyczne. Chodziło o bardziej wszechstronne ujęcie zagadnienia i konfrontację wyników tych badań. Ułatwi to przeniesienie wyników badania laboratoryjnego do praktycznego stosowania.

Proces konserwacyjno-uszlachetniającego parowania drewna bukowego prowadzony w warunkach fabrycznych ma tradycyjnie ustalone schematy parowania, przy czym dotychczas brak obiektywnych kryteriów pozwalających na ścisłe określenie czasu parowania. Wobec tego proces parowania w parzelni przeprowadzono przy obecnie stosowanych schematach parowania.

Czas parowania drewna w parzelni fabrycznej, zgodnie z przyjętym schematem produkcyjnym, wynosił 54 godziny dla tarcicy grubości 40 mm. Jest on mniej więcej zgodny z optymalnym czasem parowania ustalonym przez E. i L. Plathow (36, 38) na podstawie ilości wyługowanych

związków chemicznych. Ustalili oni, że przy temperaturze 90° C czas parowania powinien wynosić od 56 do 63 godzin; przy temperaturze parowania 100° C — od 36 do 41 godzin.

Do tych samych wyników doszedł również Breznjak (1), określając optimum czasu parowania na podstawie zmiany barwy drewna.

Parowanie w parzelni fabrycznej stanowiło punkt wyjściowy do ustalenia czasu parowania drewna w warunkach laboratoryjnych.

Badania na materiale parowanym w laboratorium przeprowadzono w autoklawie przebudowanym do potrzeb badań, stosując zmienne ciśnienie i czasy parowania. Ponieważ w warunkach laboratoryjnych parowanie drewna przebiega bardziej intensywnie — wobec tego czas parowania można było wydatnie skrócić. Tak jak w praktyce przyjęto za moment zakończenia procesu parowania wygląd kondensatu, kiedy po przejściowym przybraniu koloru ciemnobrunatnego stał się on prawie bezbarwny. W warunkach fabrycznych intensywnie ciemnobrunatną barwę kondensatu uzyskano po 24 godzinach od chwili rozpoczęcia procesu parowania (wliczając w to czas nawilżania). Natomiast w warunkach laboratoryjnych najciemniejsze zabarwienie kondensatu uzyskano po 4 godzinach parowania. Po tym okresie kondensat przyjmował stopniowo coraz jaśniejszą barwę.

Stosując to kryterium, porównano zabarwienie zbierającego się kondensatu w czasie laboratoryjnego parowania w autoklawie z zabarwieniem kondensatu w czasie parowania w parzelni fabrycznej. W ten sposób ustalono — wykonując kilkakrotne próby — że czasowi parowania stosowanemu w warunkach fabrycznych wynoszącemu 54 godziny odpowiada w warunkach laboratoryjnych czas parowania wynoszący mniej więcej 10 godzin; czas ten przedłużono do 16 godzin.

Ustalona na tej podstawie górna granica czasu parowania jest wartością opartą na spostrzeżeniach praktycznych, a nie ściśle naukowych.

Badania nad rozwiązaniem zagadnień obejmujących cel niniejszej pracy przeprowadzono na obszernym materiale doświadczalnym. W toku badań dokonano około 19 tysięcy oznaczeń.

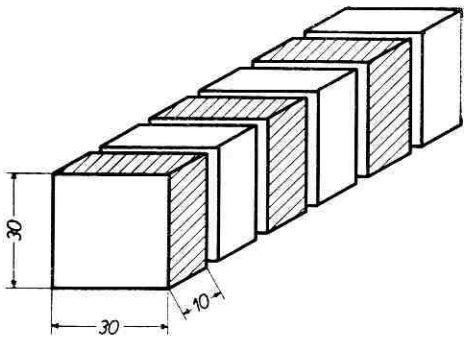
III. BADANIA W WARUNKACH LABORATORYJNYCH

1. MATERIAŁ BADAWCZY I METODYKA

Do badań laboratoryjnych użyto drewna bukowego (*Fagus silvatica* L.) pochodzącego z Lasów Doświadczalnych SGGW, Leśnictwo Lipce Reymontowskie. Drzewo przeznaczone do wyrobu materiału doświadczalnego miało pierśnicę 62 cm, wysokość 26 m, a wiek 82 lata; ścięto je w lutym 1959 r. Do badań pobrano kłodę odziomkową.

Kłodę przetarto na bale 80 mm grubości. Z części bala nie objętej fałszywą twardzielą wyrobiono beleczki o wymiarach 30×30×500 mm.

Układ słojów rocznych na przekroju poprzecznym beleczek był prostopadły do jednej krawędzi. Przebieg włókien drzewnych był równoległy do krawędzi podłużnych. Beleczki były wolne od wad drewna, ich wilgotność była prawie równa wilgotności drewna bezpośrednio po ścięciu. Bezpośrednio po wyrobieniu umieszczono beleczki w słojach z wodą w celu zabezpieczenia ich przed wysychaniem. W tych warunkach drewno przebywało do 4 miesięcy.



Rys. 1. Schemat pobierania próbek z beleczek. Próbki przeznaczone do parowania zakreskowano, pozostałe służyły za materiał porównawczy

Przed przystąpieniem do parowania z beleczek wyrobiono próbki jak na rys. 1. Pobieranie próbek na przemian do parowania i do badań kontrolnych eliminowało naturalną zmienność własności drewna, co zapewniło porównywalność wyników. Z każdej beleczki uzyskano 15 próbek przeznaczonych do parowania przy zastosowaniu określonych parametrów ciśnienia i czasu oraz 15 próbek nie poddawanych parowaniu.

W celu scharakteryzowania materiału badawczego z każdej beleczki pobierano również próbki do oznaczania ciężaru właściwego i słoistości. Wartości ciężaru właściwego drewna zamykały się w granicach od 0,620 do 0,670 g/cm^3. Szerokość słojów wynosiła 1,3 do 2,0 mm. Parowanie próbek wykonano w przebudowanym do potrzeb badań autoklawie elektrycznym, którego schemat przedstawiono na rys. 2. Stosowano przy tym zmienne czasy parowania (2, 4, 6 . . . 14, 16 godzin), a dla każdego czasu parowania ciśnienie 0,0; 0,5; 1,0 i 2,0 atn. Wyższych ciśnień (a tym samym temperatur) nie stosowano, gdyż powodują one wyraźny rozkład drewna.

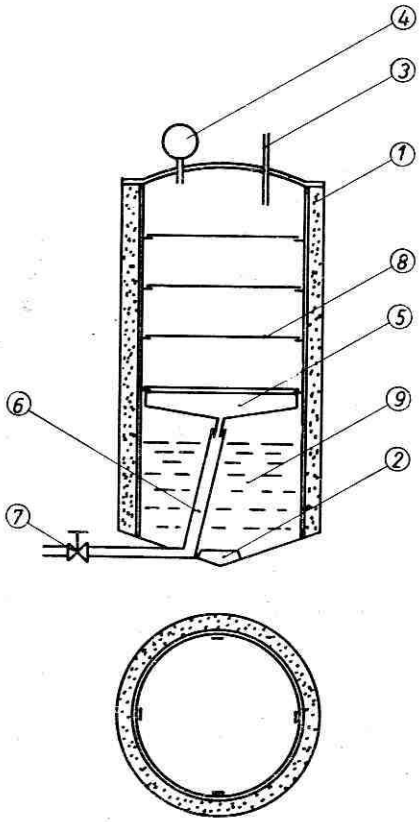
Przed przystąpieniem do parowania wodę w autoklawie podgrzewano do temperatury wrzenia a następnie otwierano autoklaw i umieszczono w nim na siatce próbki.

Czas do chwili osiągnięcia żądanego ciśnienia w autoklawie wynosił od 5 minut (do osiągnięcia temperatury 100° C odpowiadającej ciśnieniu 0 atn.) do 25 minut (do osiągnięcia ciśnienia 2,0 atn.). Właściwy czas parowania liczono od chwili osiągnięcia żądanego ciśnienia w autoklawie.

W czasie procesu parowania wodę w autoklawie podgrzewano. Nadmiar pary odprowadzano, utrzymując stale założoną temperaturę i ciśnienie. Parowanie próbek przeprowadzono w parze nasyconej.

W ten sposób poddano parowaniu 32 serie po 15 próbek.

Pomiary próbek. Bezpośrednio po wyrobieniu próbki przeznaczone do parowania oraz próbki kontrolne pomierzono w kierunku promieniowym i stycznym, zaznaczając miejsca pomiaru. Próbki przeznaczone do parowania ważono. Po zakończonym procesie parowania i otwarciu autoklawu próbki umieszczono natychmiast w naczyniach wagowych i ważono, a po zważeniu dokonywano pomiarów w miejscach zaznaczo-



Rys. 2. Schemat autoklawu: *1* — obudowa autoklawu wraz z izolacją, *2* — elementy grzejne, *3* — termometr, *4* — manometr, *5* — lejkowaty zbiornik do kondensatu, *6* — rurka odprowadzająca kondensat, *7* — zawory odprowadzające, *8* — półka z siatką do układania próbek, *9* — woda

nych, w kierunku promieniowym i stycznym. Do pomiarów użyto mikromierza z czujnikiem z dokładnością do 0,01 mm. Ciężar próbek ustalono z dokładnością do 0,01 g.

Suszenie próbek. Zważone i pomierzone próbki parowane i kontrolne składowano w laboratorium. Po osiągnięciu wilgotności około 10%, co następowało po kilku dniach, próbki dosuszano w suszarce elektrycznej, zważono, a następnie zmierzono, jak poprzednio.

Nawilżanie próbek. Wysuszone próbki umieszczano w eksykatorach nad wodą. Po osiągnięciu około 10% wilgotności, próbki zanurzano w wodzie destylowanej o temperaturze panującej w pomieszczeniu labo-

ratoryjnym (około 20° C). Po osiągnięciu przez próbki stałych wymiarów, co następowało po około 4 tygodniach, próbki ponownie zmierzono.

OBLICZENIA

Znając ciężary próbek przed parowaniem, po parowaniu i próbek całkowicie suchych ustalono: wilgotność [1] próbek przed parowaniem, wilgotność próbek po parowaniu oraz zmianę wilgotności próbek w procesie parowania.

Z różnicy wymiarów próbek przed parowaniem i po parowaniu, ustalono zmiany wymiarów w kierunku promieniowym i stycznym i tym samym odkształcenia próbek w procesie parowania. Wielkość odkształceń próbek wyrażano w procentach wymiarów próbek przed parowaniem. Za miarę zmian kurczliwości i pęcznienia drewna, a więc zdolności do skróceń w wyniku desorpcji i zdolności do wydłużeń w wyniku sorpcji, przyjęto jednostkowy skurcz całkowity i jednostkowe pęcznienie całkowite [2].

Oznaczenie jednostkowego skurczu całkowitego oraz jednostkowego pęcznienia całkowitego dokonano na podstawie wzorów:

$$k = \frac{l_w - l_o}{l_o} \quad \text{i} \quad p = \frac{l_w - l_o}{l_o}$$

gdzie: k — jednostkowy skurcz całkowity,
p — jednostkowe pęcznienie całkowite,
l_w — wymiar próbki o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien w mm,
l_o — wymiar próbki całkowicie suchej w mm.

W zestawieniach wyników badania wprowadzono jednostkowy skurcz całkowity obliczony na podstawie wyników pomiaru próbek przed parowaniem i próbek całkowicie suchych po parowaniu oraz jednostkowy skurcz całkowity obliczony na podstawie wyników pomiaru próbek bezpośrednio po parowaniu i próbek całkowicie suchych.

Wprowadzenie dwóch wartości jednostkowego skurczu całkowitego dla tych samych próbek spowodowane było zmianą wymiarów próbek w wyniku parowania, mimo że wilgotność próbek znacznie przekraczała poziom wilgotności punktu nasycenia włókien.

---

[1] W pracy termin „wilgotność" oznacza wilgotność bezwzględną.

[2] W pracy niniejszej wprowadzono terminy: 1) jednostkowy skurcz całkowity, 2) jednostkowy skurcz częściowy. Jednostkowy skurcz całkowity określa skurcz przypadający na jednostkę długości przy przejściu drewna ze stanu pełnego nasycenia włókien do stanu całkowicie suchego. Jednostkowy skurcz częściowy określa skurcz przypadający na jednostkę długości, od dowolnej wilgotności — w zakresie higroskopijnym — do stanu całkowicie suchego. Analogicznie wprowadzono terminy: 1) jednostkowe pęcznienie całkowite, 2) jednostkowe pęcznienie częściowe.

W zależności więc od kierunku zmian wyróżniono jednostkowy skurcz i jednostkowe pęcznienie. W obu wypadkach za poziom odniesienia przyjęto wymiar i w stanie całkowicie suchym. Przyjęcie jednego poziomu odniesienia ułatwia porównywanie wyników.

W pracy niniejszej dotyczącej części laboratoryjnej użyto następujących oznaczeń:

k_r — jednostkowy skurcz całkowity w kierunku promieniowym drewna nie parowanego;

k_{r1} — jednostkowy skurcz całkowity w kierunku promieniowym obliczony z wzoru, w którym za l_w przyjęto wymiar próbki przed parowaniem;

k_{r2} — jednostkowy skurcz całkowity w kierunku promieniowym obliczony z wzoru, w którym za l_w przyjęto wymiar próbki po parowaniu;

k_t — jednostkowy skurcz całkowity w kierunku stycznym drewna nie parowanego;

k_{t1} — jednostkowy skurcz całkowity w kierunku stycznym obliczony z wzoru, w którym za l_w przyjęto wymiar próbki przed parowaniem;

k_{t2} — jednostkowy skurcz całkowity w kierunku stycznym obliczony z wzoru, w którym za l_w przyjęto wymiar próbki po parowaniu;

p_r — jednostkowe pęcznienie całkowite w kierunku promieniowym drewna nie parowanego;

p_{r1} — jednostkowe pęcznienie całkowite w kierunku promieniowym drewna parowanego;

p_t — jednostkowe pęcznienie całkowite w kierunku stycznym drewna nie parowanego;

p_{t1} — jednostkowe pęcznienie całkowite w kierunku stycznym drewna parowanego.

Stosunek jednostkowego skurczu całkowitego oraz jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku stycznym do jednostkowego skurczu całkowitego (pęcznienia) w kierunku promieniowym obliczono oddzielnie dla próbek parowanych (przy określonych parametrach) oraz dla nie parowanych próbek kontrolnych, stosując wzory:

próbki parowane:

$$\frac{k_{t1}}{k_{r1}}; \quad \frac{k_{t2}}{k_{r2}}; \quad \frac{p_{t1}}{p_{r1}}$$

próbki nie parowane:

$$\frac{k_t}{k_r}; \quad \frac{p_t}{p_r}$$

Dokładność obliczeń. Ocenę wartości błędu pomiaru przy badaniu jednostkowego skurczu całkowitego i jednostkowego pęcznienia całkowitego oraz wilgotności przeprowadzono za pomocą różniczki zupełnej (2).

Skrajne wartości względnego błędu jednostkowego skurczu (pęcznienia) całkowitego w kierunku promieniowym i stycznym oraz wilgotności podano w tabeli 1.

Statystyczne opracowanie wyników. Wyniki badania jednostkowego skurczu całkowitego i jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku promieniowym i stycznym poddano analizie statystycznej.

Tabela 1

Maksymalne wartości błędów badanych wielkości

	Jednostkowy skurcz całkowity lub pęcznienie w kierunku promieniowym	Jednostkowy skurcz całkowity lub pęcznienie w kierunku stycznym	Wilgotność
Maksymalny błąd bezwzględny	0,000752	0,000826	0,00346
Maksymalny błąd wzgl. w %	1,2	0,59	0,7

Za miarę zmian badanych wielkości pod wpływem parowania przyjęto wskaźnik zmian, który wyraża się stosunkiem jednostkowego skurczu całkowitego lub jednostkowego pęcznienia całkowitego drewna parowanego do jednostkowego skurczu (pęcznienia) całkowitego drewna nie parowanego, wyrażonym w procentach. Wskaźnik zmian obliczono dla dwu sąsiednich próbek: parowanej i nie parowanej. W ten sposób w ramach każdego czasu parowania i odpowiadającego mu ciśnienia uzyskano 15 wskaźników zmian, traktowanych jako powtórzenia.

Analizę każdej badanej wielkości przeprowadzono oddzielnie dla poszczególnych procesów parowania różniących się zmiennym czasem przy stałym ciśnieniu.

Analiza statystyczna miała na celu:

1) sprawdzenie hipotezy, czy badane wielkości skurczu względnie pęcznienia przy zróżnicowaniu czasu parowania różnią się w sposób istotny;

2) zbadanie istnienia zależności badanych wielkości od czasu parowania w ramach każdego ciśnienia parowania;

3) ustalenia charakteru zależności.

Istotność różnic między badanymi wielkościami przy stosowaniu zmiennych czasów parowania sprawdzono za pomocą jednokierunkowej analizy wariancji według następującej hipotezy liniowej:

$$Y_{ij} = m + t_j + \varepsilon_{ij}$$

Testowanie istotności różnic między wielkościami t_j przeprowadzono testem F. Snedecora (47) porównując wyliczoną wartość F_{emp} z wartością rozkładu F_{teor} dla poziomu istotności $\alpha = 0{,}05$ i liczby stopni swobody $k = 1$ oraz $k = (n-1)$. W przypadku gdy $F_{emp} > F_{teor}$ stwierdzono istotność różnic badanych wielkości między poszczególnymi stosowanymi czasami parowania.

Zależność badanych wielkości od czasu parowania badano na podstawie następującej hipotezy:

$$Y = A_o + A_1 + A_2x^2 + \ldots A_{k-1}\, x^{k-1}$$

Współczynnik regresji (A_r) wyznaczono przy założeniu, że wyrażenie:

$$n \sum_{i-1}^{k} (\overline{y}_i - A_o - A_1 x_1 - A_2 x_i^2 - \dots A_{k-1} x_i^{k-1})^2$$

osiągnęło minimum.

Ze względu na jednakowe odstępy między wartościami czasów parowania (x), do wyznaczenia A_r posłużono się tablicami wartości wielomianów ortogonalnych (7).

Oznaczenia:

y — wartość wskaźnika zmian jednostkowego skurczu (pęcznienia) całkowitego;

y_{ij} — wartość wskaźnika zmian jednostkowego skurczu (pęcznienia) całkowitego dla i-tego czasu parowania i j-tej próbki;

$\overline{y}_i$ — średnia arytmetyczna wskaźnika zmian jednostkowego skurczu (pęcznienia) całkowitego dla i-tego czasu parowania;

$\overline{y}$ — średnia arytmetyczna wskaźnika zmian całkowitego jednostkowego skurczu lub pęcznienia dla całego doświadczenia w ramach jednego ciśnienia parowania;

x_1 — czas parowania (w danym wariancie);

m — średnia arytmetyczna jednostkowego skurczu (pęcznienia) całkowitego populacji generalnej;

t_j — efekt wpływu i-tego czasu parowania;

ε_{ij} — błąd losowy doświadczenia;

k — liczba badanych czasów parowania;

j — wskaźnik liczby próbek d'a — i-tego czasu parowania (j=1,2 ... n;

A_o — stała równania regresji;

$A_1, A_2 \dots A_r$ — współczynniki regresji 1 ... r-tego stopnia.

Zestawienie wyników badania za pomocą analizy statystycznej podano w tabeli 8.

W analizowanym materiale w każdym wypadku stwierdzono istotność współczynnika regresji prostoliniowej. Niemniej jednak przeprowadzono badanie istotności regresji wyższych stopni. W niektórych analizach statystycznych stwierdzono istotność regresji wyższych stopni, mimo to przy wyznaczeniu równań ograniczono się do zależności prostoliniowej, wobec czego równania regresji otrzymały postać:

$$y = A_1 x + A_o$$

Przyjęcie zależności prostoliniowej podyktowane było tym, że w każdym wypadku największa część zmienności przypadała na zmienność pierwszego stopnia.

Z praktycznego punktu widzenia przybliżenie prostoliniowe przyjęto za dostateczne dla scharakteryzowania wpływu parowania na kurczliwość

i pęcznienie drewna. Jednocześnie trzeba podkreślić, że wyniki badań odnoszą się tylko do przedziału czasu i ciśnienia parowania uwzględnionego w opracowaniu.

Niezależnie od analizy wariancji w tabelach wyników badań jednostkowego całkowitego skurczu i pęcznienia podano następującą charakterystykę statystyczną: wartość średnią, maksimum i minimum wartości, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności.

W pozostałych badaniach ograniczono się do podania wartości średnich.

2. ANALIZA WYNIKÓW BADANIA

a. Zmiany wilgotności drewna pod wpływem parowania

Materiały liczbowe dotyczące zmian wilgotności w wyniku parowania próbek zestawiono w tab. 2. Z analizy otrzymanych wartości liczbowych wynika, co następuje.

1. Próbki bezpośrednio przed parowaniem wykazywały wilgotność od 81,2 do 140,7%. Wartością najczęstszą była wilgotność około 100%. Wartości te odpowiadają wilgotności drewna bezpośrednio po ścięciu drzew.

2. Wilgotność próbek bezpośrednio po parowaniu wynosiła od 58,8 do 102,8%. Wartości najczęstsze mieszczą się w granicach od 70 do 80%.

3. Spadek wilgotności próbek w wyniku procesu parowania zamyka się w granicach od 0,6 do 50,1%. Na ogół próbki o większej wilgotności początkowej wykazują większy spadek wilgotności niż próbki o niższej wilgotności.

Tabela 2

Zmiany wilgotności drewna pod wpływem parowania

Czas parowania w godz.	Ciśnienie w atn											
	0,0			0,5			1,0			2,0		
	średnia wilgotność w %											
	przed parowaniem	po parowaniu	różnica	przed parowaniem	po parowaniu	różnica	przed parowaniem	po parowaniu	różnica	przed parowaniem	po parowaniu	różnica
2	104,6	84,0	20,6	97,6	94,8	22,8	93,3	65,7	27,6	94,9	60,9	33,0
4	103,0	85,7	17,3	87,0	68,0	19,0	104,2	72,3	31,9	102,0	58,8	43,2
6	111,1	102,8	8,3	97,0	72,5	24,5	99,4	72,1	27,3	114,5	67,3	47,2
8	99,4	91,0	8,4	99,9	83,0	16,9	89,0	68,6	20,4	116,7	74,0	42,7
10	103,1	100,6	2,5	89,9	72,0	17,9	92,1	73,5	18,6	140,7	90,6	50,1
12	90,2	77,1	13,1	84,1	73,2	20,9	98,3	77,8	20,5	112,3	78,2	34,1
14	81,2	79,1	2,1	86,9	79,5	7,4	88,7	67,2	21,5	99,8	63,2	36,6
16	87,2	86,6	0,6	89,7	96,0	3,7	93,4	72,2	21,2	97,3	61,6	35,7

4. Wpływ czasu parowania na spadek wilgotności próbek po parowaniu na ogół nie uwidocznił się w wyraźny sposób. Można jednak zauważyć pewną tendencję większego spadku wilgotności próbek parowanych przez krótsze okresy. Brak tej tendencji wykazują próbki parowane przy ciśnieniu 2,0 atn.

5. Wraz ze wzrostem stosowanego ciśnienia parowania wzrasta spadek wilgotności próbek po parowaniu, mimo że wilgotność początkowa próbek była na ogół wyrównana. Średnie wartości spadku wilgotności wynoszą: dla ciśnienia parowania 0,0 atn — 9,1 %, 0,5 atn — 15,4 %, 1,0 atn — 23,6 %, 2,0 atn — 40,3 %.

Fakt wzrastającego spadku wilgotności próbek wraz ze wzrostem ciśnienia parowania należy tłumaczyć przejściem występującej w drewnie wody w parę wodną na skutek podwyższonej temperatury. Ilość wody wydostającej się na zewnątrz jest tym większa, im więcej wody zamieni się w parę wodną. Lepsze warunki zamiany wody w parę istnieją w podwyższonej temperaturze, co wpłynęło na ukształtowanie się wyników.

6. Wyrażony w literaturze fachowej (4, 42) pogląd, że drewno parowane w stanie świeżym, o dużej wilgotności, osiąga po parowaniu poziom wilgotności około 40 %, nie potwierdził się. Stwierdzenie to odnosi się jednak do próbek małych i nie można go przenosić na sortymenty wielkowymiarowe.

Badanie zmian wilgotności w procesie parowania stanowiło uboczny cel pracy, wobec czego wyniki badań należy traktować jako orientacyjne.

b. Odkształcenia drewna pod wpływem parowania

Stosunkowe zmiany wymiarów próbek w kierunku promieniowym i stycznym pod wpływem parowania przy stosowaniu zmiennych czasów i ciśnień podano (w tabeli 3) i na wykresach (rys. 3).

Tabela 3

Stosunkowe odkształcenia drewna w kierunku promieniowym i stycznym pod wpływem parowania

Czas parowania w godz.	Kierunek pomiaru							
	promieniowy				styczny			
	ciśnienie w atn							
	0	0,5	1,0	2,0	0,0	0,5	1,0	2,0
	%							
2	— 0,08	— 0,06	— 0,09	— 0,28	+ 0,64	+ 0,80	+ 0,97	+ 1,23
4	— 0,13	— 0,03	— 0,09	— 0,28	+ 0,67	+ 0,86	+ 1,15	+ 1,04
6	— 0,11	— 0,02	— 0,09	— 0,28	+ 0,86	+ 0,84	+ 1,14	+ 0,69
8	— 0,09	— 0,10	— 0,19	— 0,55	+ 0,87	+ 0,98	+ 1,13	+ 0,25
10	— 0,12	— 0,14	— 0,09	— 0,45	+ 0,79	+ 1,01	+ 1,42	+ 0,66
12	— 0,05	— 0,14	— 0,19	— 0,37	+ 0,84	+ 1,02	+ 1,05	+ 1,00
14	— 0,02	— 0,06	— 0,19	— 0,37	+ 0,91	+ 1,19	+ 1,12	+ 0,99
16	— 0,04	— 0,02	— 0,09	— 0,46	+ 0,84	+ 1,29	+ 1,20	+ 0,65

Analiza wyników prowadzi do następujących stwierdzeń:

1. Wartości odkształceń w kierunku promieniowym są ujemne, w kierunku stycznym — dodatnie, przy czym bezwzględna wartość odkształceń w kierunku stycznym jest w zasadzie większa niż w kierunku promieniowym.

2. Na ogół wraz ze wzrostem ciśnienia parowania wzrasta wartość odkształcenia w kierunku stycznym. Od reguły tej odbiegają wartości odkształceń uzyskanych przy parowaniu drewna pod ciśnieniem 2 atn. Wartości odkształceń ujemnych w kierunku promieniowym są tu większe od wartości uzyskanych przy niższych ciśnieniach. Zjawisku temu towarzyszy zmniejszenie odkształceń w kierunku stycznym w porównaniu z wartościami odkształceń przy ciśnieniu 1,0 atn.

3. Na przykładzie odkształceń uzyskanych przy parowaniu próbek pod ciśnieniem 2,0 atn można na ogół stwierdzić, że zmniejszeniu odkształceń dodatnich w kierunku stycznym towarzyszy wzrost odkształceń ujemnych w kierunku promieniowym. Zjawisko to, choć w mniej wyraźnej formie, można zaobserwować również przy parowaniu drewna pod niższym ciśnieniem.

4. Na ogół nie stwierdzono zależności między czasem parowania a wielkością odkształceń. Zależność ta uwydatnia się jedynie dla kierunku stycznego przy ciśnieniu 0,5 atn oraz w mniejszym stopniu przy ciśnieniu 0 atn.

5. Wielkości odkształceń w szczególności w kierunku promieniowym są nie wielkie i mieszczą się niekiedy w granicach błędu pomiaru, mimo tego można uważać je za istotne, ponieważ powtarzają się systematycznie.

Odkształceń, które zaistniały w czasie parowania, nie można tłumaczyć zjawiskami natury termicznej lub higroskopijnej gdyż:

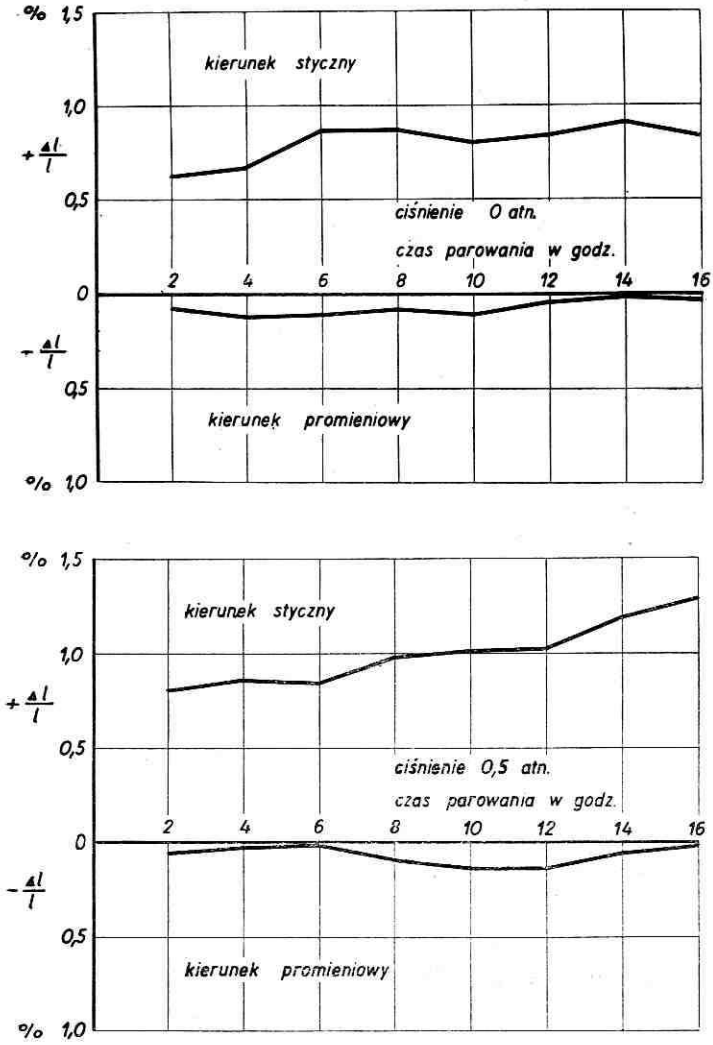
a) wartości odkształceń mają znak dodatni lub ujemny, wiadomo zaś, że ciała pod wpływem ciepła zwiększają swoje wymiary;

b) wartość odkształceń jest znacznie większa od wartości odkształceń termicznych wynikających z określonych dla drewna współczynników rozszerzalności cieplnej;

c) przy odkształceniach ujemnych nie wchodzi w grę skurcz desorpcyjny, bo wilgotność badanych próbek znacznie przekraczała wilgotność punktu nasycenia włókien.

Na podstawie analizy wyników badania można z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że odkształcenia pojawiające się w czasie parowania są wynikiem rozładowywania się istniejących w drewnie naprężeń.

Podobną tezę postawili Ławniczak i Zawada (26), którzy badali odkształcanie się fornirów bukowych pod wpływem gorącej wody i pary wodnej. A zatem w wyniku parowania następuje rozładowywanie się naprężeń wzrostowych powodujące odkształcenia przeciwne pod względem kierunku niż kierunek naprężeń wstępnych.

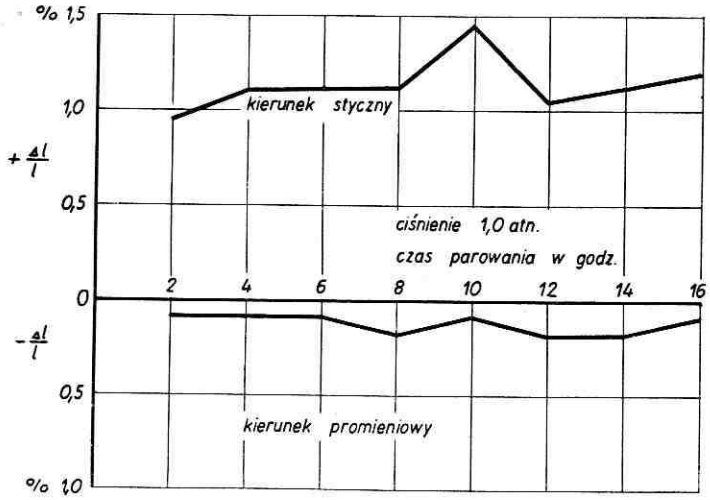


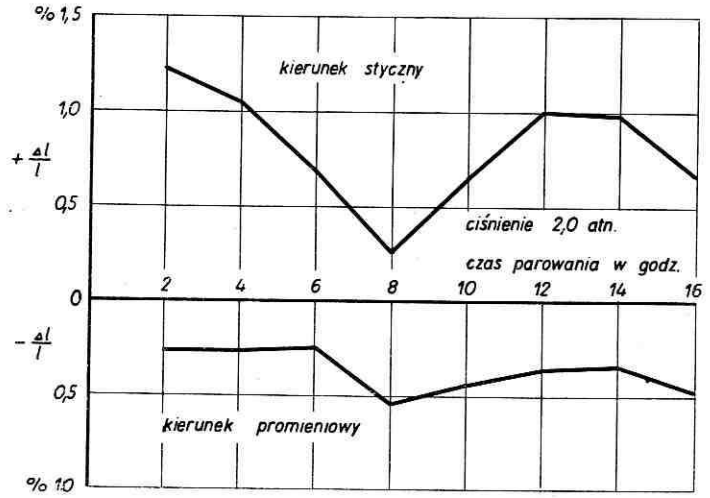
Rys. 3. Zmiany wymiarów próbek w kierunku promieniowym

Rozładowywanie się naprężeń ściskających w kierunku stycznym powoduje wydłużanie się drewna. Przeciwnie — rozładowywanie się naprężeń rozciągających w kierunku promieniowym powoduje skracanie się drewna.

c. Wpływ parowania drewna na kurczliwość i pęcznienie

Materiały dotyczące tego tematu zostały bardziej wszechstronnie opracowane przez zastosowanie analizy statystycznej. Zestawienie wyników badania podano w tabelach 4—7. Wyniki analizy statystycznej podano w tabeli 8.





i stycznym pod wpływem parowania przy ciśnieniu: 0; 0,5; 1; i 2 atn

Na podstawie obliczonych równań regresji sporządzono wykresy (rys. 4—7).

Zmiany jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku promieniowym. Wartości liczbowe jednostkowego skurczu całkowitego (k_{r1}) w przedziale czasów parowania od 2 do 16 godzin obliczone według wzoru, w którym za l_w przyjęto wymiar przed parowaniem, wynoszą:

dla ciśnienia parowania 0 atn — 0,058 do 0,075
dla ciśnienia parowania 0,5 atn — 0,056 do 0,078
dla ciśnienia parowania 1,0 atn — 0,063 do 0,081
dla ciśnienia parowania 2,0 atn — 0,075 do 0,105

Tabela 4

Zmiany jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku promieniowym w zależności od ciśnienia i czasu parowania

ciśnienie	czas parowania	Materiał parowany: jednostkowy skurcz całkowity (k_{r1})			Materiał parowany: jednostkowy skurcz całkowity (k_{r2})			Materiał nie parowany: jednostkowy skurcz całkowity (k_r)		
		średnia	σ	v %	średnia	σ	v %	średnia	σ	v %
atn	godz.									
0,0	2	0,062	0,0010	1,6	0,061	0,0012	2,0	0,057	0,0010	1,8
	4	0,063	0,0013	2,1	0,061	0,0012	2,0	0,056	0,0016	2,8
	6	0,058	0,0029	5,0	0,057	0,0028	4,6	0,050	0,0019	3,8
	8	0,066	0,0023	3,5	0,065	0,0020	3,1	0,056	0,0011	2,0
	10	0,063	0,0014	2,2	0,062	0,0013	2,1	0,055	0,0008	1,4
	12	0,071	0,0021	3,0	0,071	0,0021	3,0	0,059	0,0013	2,2
	14	0,070	0,0023	3,3	0,070	0,0024	3,4	0,060	0,0019	3,2
	16	0,075	0,0035	4,7	0,075	0,0035	4,7	0,064	0,0018	2,8
0,5	2	0,056	0,0014	2,5	0,056	0,0013	2,3	0,051	0,0020	3,9
	4	0,067	0,0018	2,4	0,067	0,0019	2,8	0,058	0,0017	2,9
	6	0,071	0,0008	1,1	0,071	0,0009	1,3	0,060	0,0012	2,0
	8	0,059	0,0013	2,2	0,058	0,0012	2,0	0,051	0,0009	1,8
	10	0,066	0,0010	1,5	0,065	0,0010	1,5	0,055	0,0011	2,0
	12	0,073	0,0013	1,8	0,072	0,0013	1,8	0,062	0,0007	1,1
	14	0,074	0,0024	3,2	0,073	0,0026	3,6	0,059	0,0015	1,9
	16	0,078	0,0017	2,2	0,078	0,0020	2,6	0,061	0,0008	1,3
1,0	2	0,069	0,0014	2,0	0,068	0,0014	2,1	0,060	0,0012	2,1
	4	0,063	0,0018	2,9	0,062	0,0016	2,6	0,053	0,0010	1,9
	6	0,072	0,0012	1,8	0,071	0,0013	1,8	0,058	0,0011	1,9
	8	0,076	0,0017	2,2	0,074	0,0016	2,2	0,060	0,0012	2,0
	10	0,073	0,0016	2,2	0,072	0,0015	2,1	0,058	0,0013	2,2
	12	0,078	0,0020	2,6	0,076	0,0019	2,5	0,059	0,0012	2,0
	14	0,080	0,0021	2,6	0,078	0,0019	2,4	0,057	0,0010	1,8
	16	0,081	0,0022	2,7	0,080	0,0020	2,5	0,060	0,0012	2,0
2,0	2	0,076	0,0023	3,0	0,073	0,0023	3,0	0,061	0,0017	2,8
	4	0,075	0,0024	3,2	0,072	0,0021	2,9	0,058	0,0016	2,8
	6	0,091	0,0027	3,0	0,088	0,0025	2,8	0,055	0,0015	2,7
	8	0,091	0,0029	3,2	0,085	0,0026	3,0	0,049	0,0012	2,4
	10	0,105	0,0032	3,0	0,100	0,0031	3,1	0,053	0,0018	3,4
	12	0,085	0,0019	2,2	0,081	0,0017	2,1	0,054	0,0016	3,0
	14	0,095	0,0030	3,2	0,089	0,0028	3,1	0,065	0,0020	3,4
	16	0,089	0,0025	2,8	0,084	0,0025	3,0	0,057	0,0019	3,3

Tabela 5

Zmiany jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku stycznym w zależności od ciśnienia i czasu parowania

ciśnienie	czas parowania	Materiał parowany: jednostkowy skurcz całkowity (k_{t1})			Materiał parowany: jednostkowy skurcz całkowity (k_{t2})			Materiał nie parowany: jednostkowy skurcz całkowity (k_t)		
		średnia	σ	v %	średnia	σ	v %	średnia	σ	v %
atn	godz.									
0,0	2	0,132	0,0057	2,8	0,139	0,0026	1,9	0,129	0,0024	1,9
	4	0,134	0,0038	2,8	0,142	0,0033	2,3	0,128	0,0033	2,6
	6	0,119	0,0025	2,1	0,129	0,0027	2,1	0,109	0,0022	2,0
	8	0,129	0,0027	2,1	0,139	0,0025	1,8	0,118	0,0018	0,9
	10	0,134	0,0024	1,8	0,143	0,0025	1,7	0,121	0,0024	2,0
	12	0,130	0,0078	6,0	0,139	0,0087	6,2	0,115	0,0055	4,8
	14	0,141	0,0034	2,4	0,151	0,0057	2,4	0,127	0,0037	2,9
	16	0,135	0,0041	3,0	0,145	0,0046	3,2	0,121	0,0038	3,1
0,5	2	0,116	0,0032	2,8	0,124	0,0034	2,7	0,114	0,0027	2,4
	4	0,132	0,0047	3,6	0,142	0,0046	3,2	0,121	0,0024	2,0
	6	0,131	0,0027	2,1	0,141	0,0025	1,8	0,117	0,0014	1,2
	8	0,124	0,0048	3,9	0,135	0,0045	3,3	0,115	0,0021	1,8
	10	0,141	0,0018	1,3	0,152	0,0017	1,1	0,122	0,0016	1,3
	12	0,140	0,0019	1,4	0,152	0,0019	1,2	0,130	0,0013	1,0
	14	0,139	0,0032	2,2	0,153	0,0029	1,9	0,123	0,0030	2,4
	16	0,136	0,0015	1,1	0,151	0,0017	1,1	0,123	0,0024	2,0
1,0	2	0,134	0,0026	1,1	0,145	0,0028	1,9	0,124	0,0021	1,7
	4	0,127	0,0055	4,3	0,140	0,0046	3,3	0,120	0,0023	1,9
	6	0,144	0,0045	3,1	0,157	0,0047	3,0	0,127	0,0028	2,2
	8	0,148	0,0031	2,1	0,161	0,0033	2,1	0,126	0,0032	2,5
	10	0,130	0,0041	3,2	0,146	0,0042	2,9	1,22	0,0027	2,2
	12	0,143	0,0043	3,0	0,155	0,0047	3,0	0,125	0,0030	2,4
	14	0,146	0,0052	3,6	0,160	0,0058	3,6	0,123	0,0029	2,4
	16	0,165	0,0032	1,9	0,179	0,0034	1,9	0,126	0,0033	2,6
2,0	2	0,141	0,0038	2,7	0,155	0,0048	3,1	0,119	0,0026	2,2
	4	0,151	0,0042	2,8	0,165	0,0052	3,2	0,127	0,0023	1,8
	6	0,161	0,0056	3,5	0,169	0,0061	3,6	0,125	0,0019	1,5
	8	0,195	0,0062	3,2	0,198	0,0058	2,9	0,120	0,0032	2,7
	10	0,220	0,0078	3,5	0,228	0,0079	3,5	0,113	0,0030	2,7
	12	0,198	0,0083	4,2	0,210	0,0086	4,1	0,112	0,0038	3,4
	14	0,216	0,0078	3,6	0,228	0,0090	3,9	0,124	0,0028	2,2
	16	0,223	0,0093	4,2	0,231	0,0096	4,2	0,122	0,0025	2,0

Tabela 6

Zmiany jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku promieniowym w zależności od ciśnienia i czasu parowania

ciśnienie	czas parowania	Materiał parowany: jednostkowe pęcznienie całkowite (p_{r1})			Materiał nie parowany: jednostkowe pęcznienie całkowite (p_r)		
		średnia	σ	v %	średnia	σ	v %
atn	godz.						
0,0	2	0,059	0,0012	2,0	0,055	0,0011	2,0
	4	0,060	0,0012	2,0	0,054	0,0015	2,8
	6	0,057	0,0028	4,9	0,050	0,0020	4,0
	8	0,065	0,0020	3,1	0,056	0,0012	2,1
	10	0,062	0,0011	1,8	0,054	0,0007	1,3
	12	0,070	0,0019	2,7	0,058	0,0013	2,2
	14	0,070	0,0024	3,4	0,060	0,0021	3,5
	16	0,075	0,0034	4,7	0,064	0,0022	3,4
0,5	2	0,056	0,0014	2,5	0,050	0,0020	4,0
	4	0,067	0,0017	2,5	0,057	0,0014	2,4
	6	0,070	0,0013	1,8	0,059	0,0013	2,2
	8	0,058	0,0013	2,2	0,051	0,0019	3,7
	10	0,065	0,0010	1,5	0,053	0,0011	2,1
	12	0,071	0,0014	2,0	0,060	0,0006	1,0
	14	0,073	0,0022	3,0	0,058	0,0016	2,8
	16	0,077	0,0017	2,2	0,061	0,0011	1,8
1,0	2	0,068	0,0014	2,5	0,059	0,0019	3,2
	4	0,062	0,0020	3,2	0,052	0,0011	2,1
	6	0,070	0,0010	1,4	0,057	0,0009	1,6
	8	0,073	0,0021	2,9	0,059	0,0014	2,4
	10	0,072	0,0018	2,5	0,057	0,0012	2,1
	12	0,076	0,0022	2,9	0,058	0,0016	2,8
	14	0,078	0,0023	2,9	0,055	0,0015	2,7
	16	0,080	0,0025	3,1	0,059	0,0009	1,5
2,0	2	0,073	0,0019	2,6	0,060	0,0016	2,7
	4	0,068	0,0029	3,4	0,056	0,0012	2,1
	6	0,083	0,0025	3,0	0,054	0,0011	2,0
	8	0,079	0,0022	2,8	0,049	0,0013	2,6
	10	0,088	0,0028	3,2	0,053	0,0020	3,8
	12	0,082	0,0018	2,2	0,053	0,0017	3,2
	14	0,091	0,0026	2,8	0,058	0,0021	3,6
	16	0,087	0,0025	2,9	0,055	0,0019	3,4

Tabela 7

Zmiany jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku stycznym w zależności od ciśnienia i czasu parowania

ciśnienie	czas parowania	Materiał parowany: jednostkowe pęcznienie całkowite (p_{t_1})			Materiał nie parowany: jednostkowe pęcznienie całkowite (p_t)		
atn	godz.	średnia	σ	v %	średnia	σ	v %
0,0	2	0,133	0,0028	2,1	0,128	0,0019	1,5
	4	0,138	0,0029	2,1	0,128	0,0027	2,1
	6	0,127	0,0022	1,7	0,112	0,0026	2,3
	8	0,137	0,0025	1,8	0,120	0,0012	1,0
	10	0,140	0,0024	1,7	0,122	0,0020	1,6
	12	0,136	0,0078	5,7	0,116	0,0057	4,9
	14	0,147	0,0034	2,3	0,128	0,0037	2,9
	16	0,141	0,0038	2,7	0,122	0,0037	3,0
0,5	2	0,122	0,0029	2,4	0,116	0,0024	2,1
	4	0,138	0,0042	3,0	0,122	0,0025	2,0
	6	0,135	0,0028	2,1	0,118	0,0016	1,3
	8	0,132	0,0045	3,4	0,116	0,0018	1,5
	10	0,148	0,0018	1,2	0,123	0,0017	1,4
	12	0,147	0,0020	1,4	0,131	0,0014	1,1
	14	0,146	0,0032	2,2	0,124	0,0025	2,0
	16	0,146	0,0018	1,2	0,125	0,0019	1,5
1,0	2	0,143	0,0038	2,7	0,126	0,0019	1,5
	4	0,137	0,0025	1,8	0,122	0,0020	1,6
	6	0,152	0,0026	1,7	0,128	0,0021	1,6
	8	0,154	0,0032	2,1	0,127	0,0023	1,8
	10	0,132	0,0049	3,7	0,125	0,0018	1,5
	12	0,147	0,0040	2,7	0,124	0,0019	1 5
	14	0,150	0,0037	2,5	0,125	0,0021	1,7
	16	0,169	0,0032	1,8	0,126	0,0023	1,8
2,0	2	0,150	0 0032	2,1	0,121	0,0024	2,0
	4	0,151	0,0038	2,5	0,128	0,0027	2,1
	6	0,149	0,0051	3,4	0,128	0,0025	2,0
	8	0,157	0,0073	4,6	0,120	0 0032	2,7
	10	0,182	0,0062	3,4	0,113	0,0030	2,6
	12	0,196	0,0087	4,4	0,114	0,0023	2,0
	14	0,210	0 0089	4,2	0,125	0,0025	2,0
	16	0,208	0,0058	2,8	0,123	0,0028	2,3

Tabela 3

Wyniki analizy statystycznej badanego materiału

Badanie wpływu czasu parowania drewna na	Ciśnienie	Istotność różnicy między czasami parowania		Równanie regresji	Istotność regresji I stopnia	
		F_{emp}	F_{teor}		F_{emp}	F_{teor}
Jednostkowy skurcz całkowity w kierunku promieniowym	0,0	27,4	2,74	$y = 1{,}4x + 106{,}1$	75,7	4,01
	0,5	22,5		$y = 0{,}9x + 111{,}2$	59,3	
	1,0	35,9		$y = 1{,}7x + 112{,}7$	106,7	
	2,0	42,5		$y = 4{,}8x + 114{,}9$	109,2	
Jednostkowy skurcz całkowity w kierunku stycznym	0,0	22,3	2,74	$y = 1{,}3x + 99{,}6$	63,4	4,09
	0,5	48,8		$y = 1{,}3x + 101{,}8$		
	1,0	55,8		$y = 1{,}8x + 102{,}3$	120,4	
	2,0	44,0		$y = 4{,}6x + 112{,}2$	99,8	
Jednostkowe pęcznienie całkowite w kierunku promieniowym	0,0	28,3	2,74	$y = 1{,}2x + 106{,}0$	83,7	4,01
	0,5	17,8		$y = 1{,}7x + 109{,}1$	29,2	
	1,0	26,3		$y = 1{,}2x + 113{,}4$	73,3	
	2,0	41,7		$y = 4{,}1x + 114{,}3$	126,3	
Jednostkowe pęcznienie całkowite w kierunku stycznym	0,0	42,0	2,74	$y = 1{,}5x + 102{,}4$	52,0	4,01
	0,5	114,7		$y = 1{,}4x + 104{,}4$	163,2	
	1,0	42,1		$y = 1{,}5x + 108{,}5$	100,8	
	2,0	29,5		$y = 3{,}8x + 106{,}1$	69,3	

Nieco mniejsze lub równe wartości osiąga jednostkowy skurcz całkowity drewna parowanego (k_{r2}), przy czym za l_w przyjęto wymiar drewna po parowaniu. Wynika to z faktu, że próbki wskutek parowania zmieniły wymiary.

Wartości jednostkowego skurczu całkowitego (k_r) drewna nie parowanego zawarte są w granicach od 0,049 do 0,064.

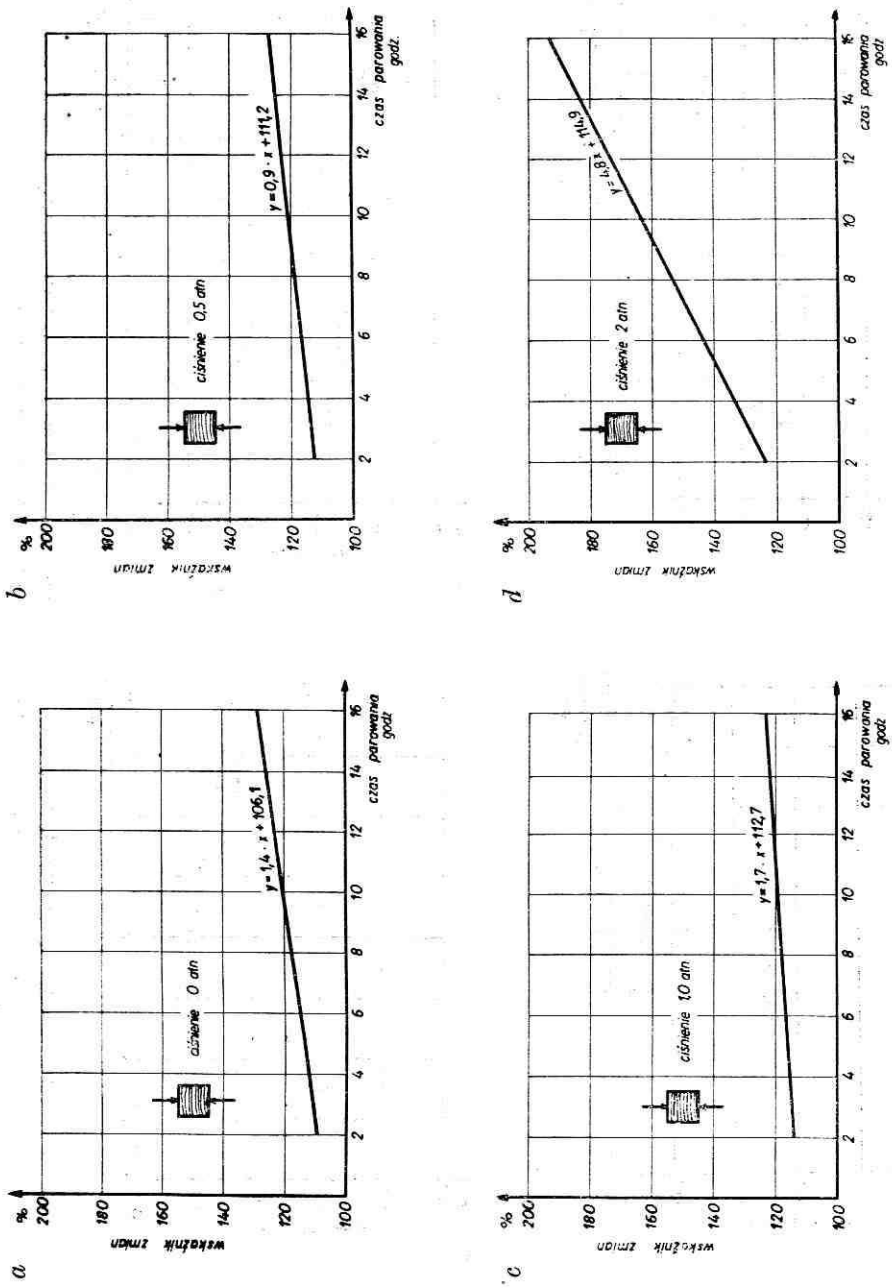
Współczynniki zmienności jednostkowego skurczu całkowitego przy zróżnicowanych parametrach parowania drewna wynoszą od 1,1 do 5,0%, a dla nie parowanych próbek kontrolnych — od 1,4 do 3,9%.

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej ustalono, że wraz ze wzrostem czasu parowania o jedną godzinę wzrasta jednostkowy skurcz całkowity średnio o:

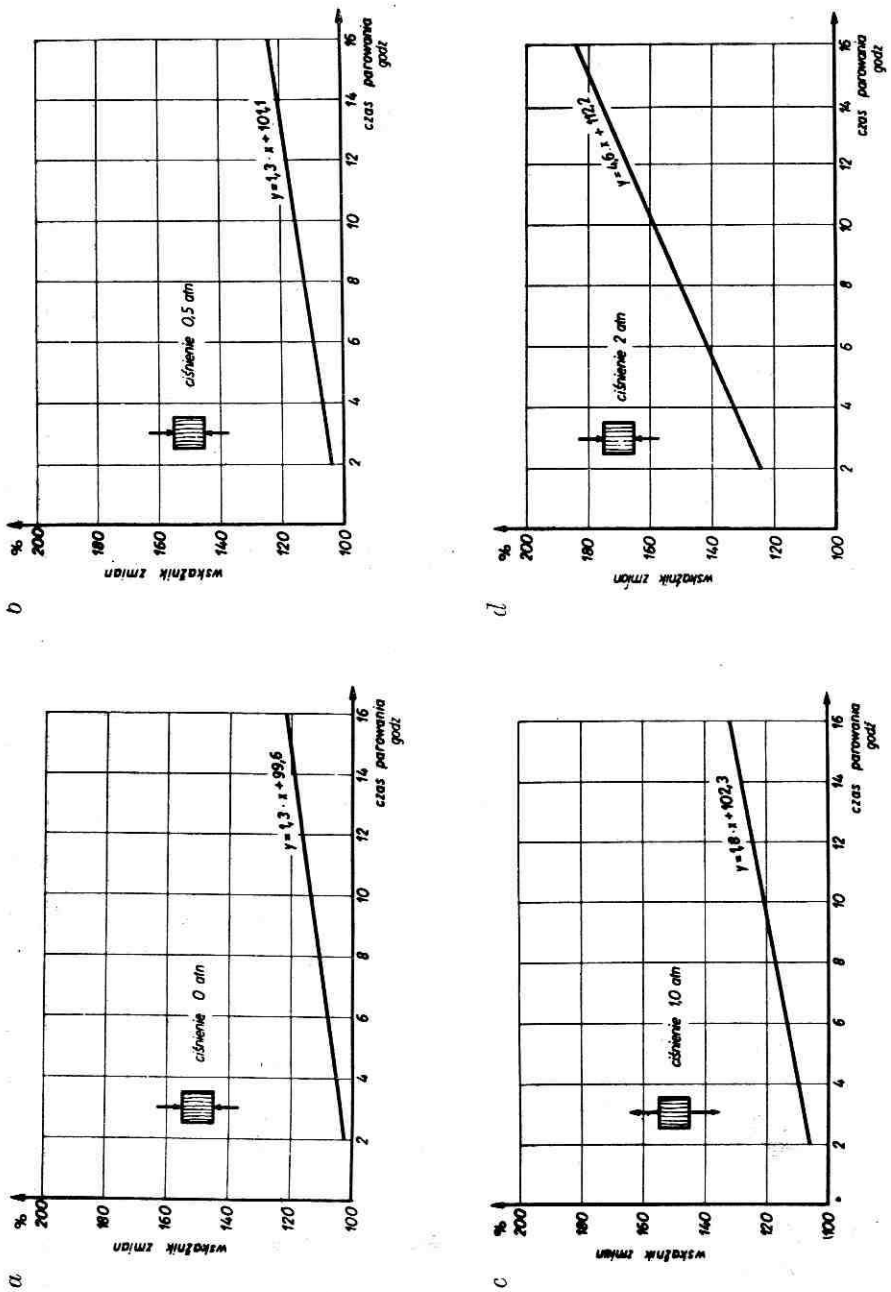
dla ciśnienia parowania 0 atn — 1,4%
dla ciśnienia parowania 0,5 atn — 0,9%
dla ciśnienia parowania 1,0 atn — 1,7%
dla ciśnienia parowania 2,0 atn — 4,8%

Stwierdzenie to odnosi się do próbek parowanych od 2 do 16 godzin.

Wraz ze wzrostem ciśnienia parowania prosta regresji ulega przesunięciu w stosunku do osi odciętych średnio od 6,1 do 14,9% (rys. 4). Przesunięcie to świadczy o wpływie stosowanego ciśnienia na wielkość skurczu.



Rys. 4. Zmiany jednostkowego skurczu całkowitego drewna w kierunku promieniowym w zależności od czasu parowania przy ciśnieniu 0; 0,5; 1 i 2 atn



Rys. 5. Zmiany jednostkowego skurczu całkowitego drewna w kierunku stycznym w zależności od czasu parowania przy ciśnieniu 0; 0,5; 1 i 2 atn

Zmiany jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku stycznym. Wartości liczbowe jednostkowego skurczu całkowitego (k_{t1}) w badanym przedziale czasu parowania, obliczone według wzoru, w którym za l_w przyjęto wymiar przed parowaniem, wynoszą:

dla ciśnienia parowania 0,0 atn — 0,119 do 0,135
dla ciśnienia parowania 0,5 atn — 0,116 do 0,140
dla ciśnienia parowania 1,0 atn — 0,127 do 0,165
dla ciśnienia parowania 2,0 atn — 0,141 do 0,223

Znacznie większe wartości osiąga jednostkowy skurcz całkowity drewna parowanego (k_{t2}) obliczony według wzoru, w którym za l_w przyjęto wymiar drewna po parowaniu. Wynika to z faktu, że próbki wskutek parowania zmieniły wymiary.

Wartości jednostkowego skurczu całkowitego (k_t) drewna nie parowanego zawarte są w granicach od 0,109 do 0,130.

Współczynniki zmienności jednostkowego skurczu całkowitego przy stosowanych zmiennych parametrach parowania drewna wynoszą od 1,1 do 6%; odpowiednio dla nie parowanych próbek kontrolnych — od 0,9 do 4,8%.

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej ustalono, że w badanym przedziale czasów parowania wraz ze wzrostem czasu parowania o jedną godzinę jednostkowy skurcz całkowity wzrasta średnio o:

dla ciśnienia parowania 0,0 atn — 1,3%
dla ciśnienia parowania 0,5 atn — 1,3%
dla ciśnienia parowania 1,0 atn — 1,8%
dla ciśnienia parowania 2,0 atn — 4,6%

Wraz ze wzrostem ciśnienia parowania prosta regresji ulega przesunięciu w stosunku do osi odciętych od 1,1 do 12,2%.

Zmiany jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku promieniowym. Wartości liczbowe jednostkowego pęcznienia całkowitego (p_r) w zakresie stosowanych czasów parowania wynoszą:

dla ciśnienia parowania 0,0 atn — 0,057 do 0,075
dla ciśnienia parowania 0,5 atn — 0,056 do 0,077
dla ciśnienia parowania 1,0 atn — 0,062 do 0,080
dla ciśnienia parowania 2,0 atn — 0,068 do 0,091

Wartości jednostkowego pęcznienia całkowitego (p_r) drewna nie parowanego zawarte są w granicach od 0,051 do 0,066.

Współczynniki zmienności jednostkowego pęcznienia całkowitego przy stosowanych zmiennych parametrach parowania drewna wynoszą od 1,4 do 4,5%; odpowiednio dla drewna nie parowanego od 1,3 do 4,0%.

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej ustalono, że w badanym przedziale czasów parowania wraz ze wzrostem czasu parowania o jedną godzinę jednostkowe pęcznienie całkowite wzrasta średnio o:

dla ciśnienia parowania 0,0 atn — 1,2%
dla ciśnienia parowania 0,5 atn — 1,7%
dla ciśnienia parowania 1,0 atn — 1,2%
dla ciśnienia parowania 2,0 atn — 4,1%

Wraz ze wzrostem ciśnienia parowania prosta regresji ulega przesunięciu w stosunku do osi odciętych średnio od 6,0 do 14,3% (rys. 6), co świadczy o wpływie ciśnienia parowania na wielkość pęcznienia.

Zmiany jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku stycznym. Wartości liczbowe jednostkowego pęcznienia całkowitego (p_{t1}) w badanym przedziale czasu parowania wynoszą:

dla ciśnienia parowania 0,0 atn — 0,127 — 0,147
dla ciśnienia parowania 0,5 atn — 0,122 — 0,148
dla ciśnienia parowania 1,0 atn — 0,137 — 0,169
dla ciśnienia parowania 2,0 atn — 0,149 — 0,210

Wartości jednostkowego pęcznienia całkowitego (p_t) drewna nie parowanego zawarte są w granicach od 0,112 do 0,131.

Współczynniki zmienności jednostkowego pęcznienia całkowitego przy stosowanych zmiennych parametrach parowania drewna wynoszą od 1,2 do 5,7%, odpowiednio dla nie parowanych próbek — od 1,0 do 4,9%.

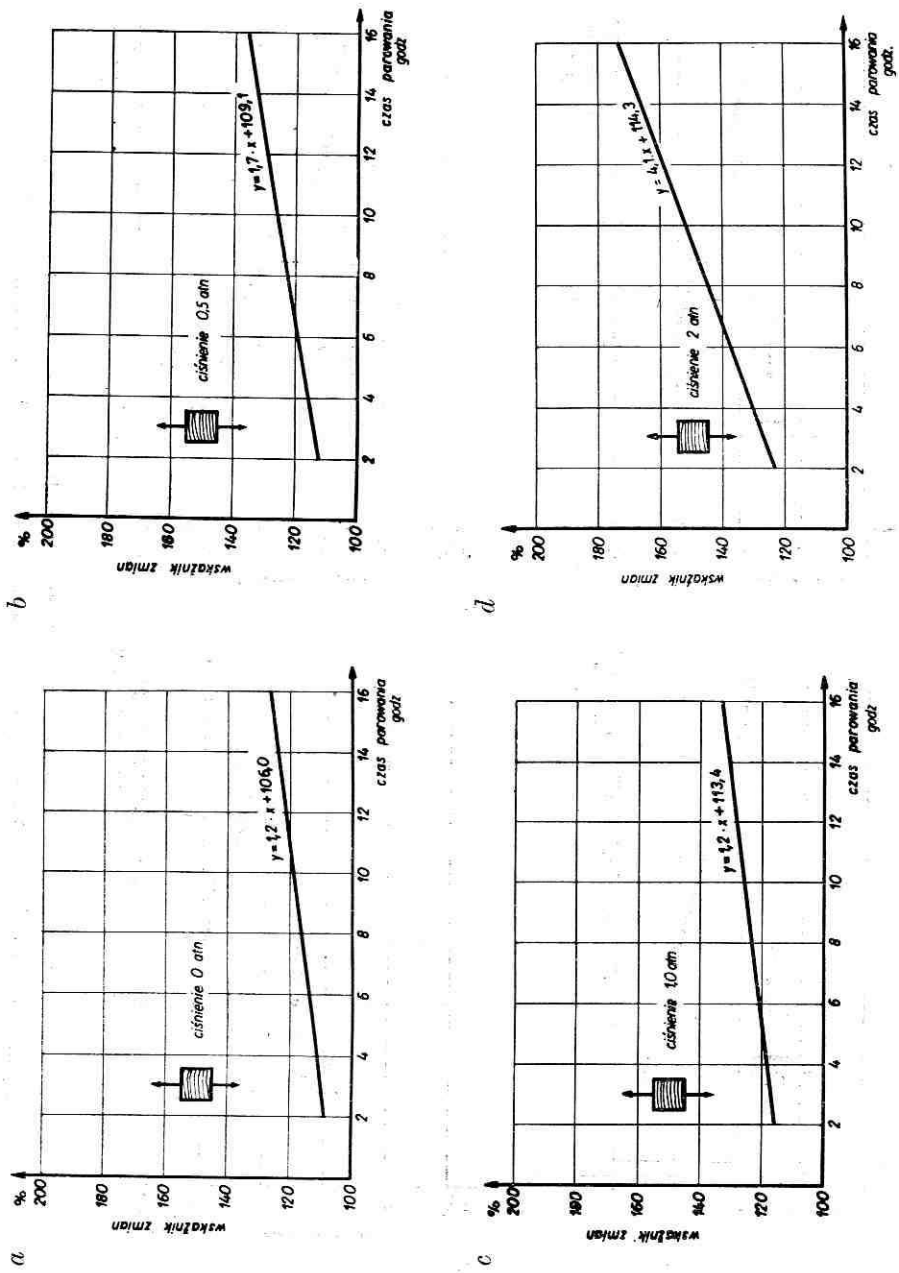
Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej ustalono, że w badanym przedziale czasu parowania wraz ze wzrostem czasu parowania o 1 godzinę jednostkowe pęcznienie całkowite wzrasta średnio o:

dla ciśnienia parowania 0,0 atn — 1,5%
dla ciśnienia parowania 0,5 atn — 1,4%
dla ciśnienia parowania 1,0 atn — 1,5%
dla ciśnienia parowania 2,0 atn — 3,8%

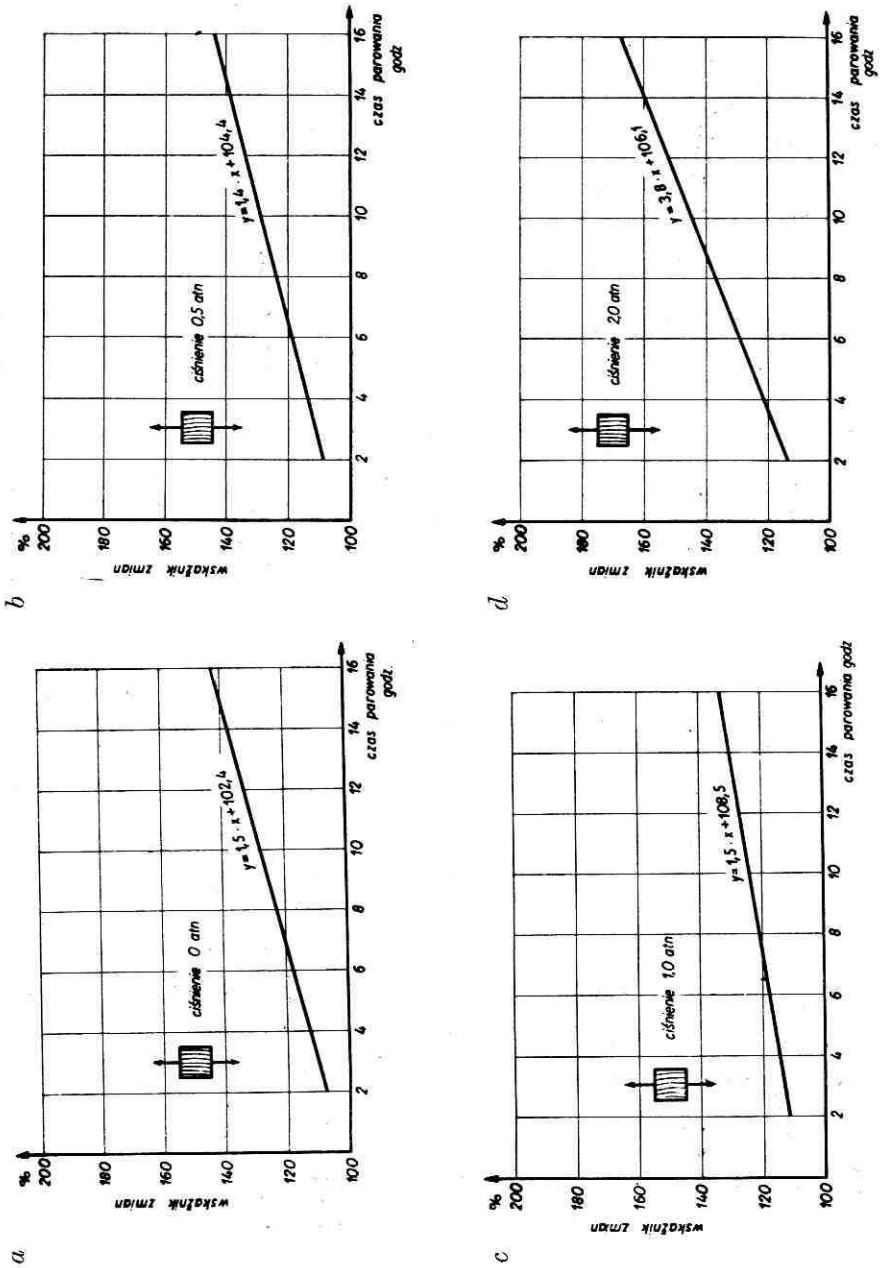
Wraz ze wzrostem ciśnienia parowania prosta regresji ulega na ogół przesunięciu w stosunku do osi odciętych średnio od 2,4 do 8,5% (rys. 7). Wyjątek stanowi przesunięcie prostej regresji przy ciśnieniu parowania 2,0 atn (6,1%), które jest mniejsze od przesunięcia przy ciśnieniu parowania 1,0 atn (8,5%). Uwzględniając jednak współczynnik regresji jednostkowego pęcznienia całkowitego, który jest stosunkowo duży (3,8%), uzyskano wyższe położenie prostej regresji przy ciśnieniu 2,0 atn niż przy ciśnieniu 1,0 atn.

Na podstawie badań przeprowadzonych nad wpływem parowania na kurczliwość i pęcznienie drewna można sformułować następujące wnioski ogólne.

1. W badanym materiale stwierdzono wzrost wartości jednostkowego skurczu całkowitego oraz jednostkowego pęcznienia całkowitego drewna



Rys. 6. Zmiany jednostkowego pęcznienia całkowitego drewna w kierunku promieniowym w zależności od czasu parowania przy ciśnieniu: 0; 0,5; 1 i 2 atn



Rys. 7. Zmiany jednostkowego pęcznienia całkowitego drewna w kierunku stycznym w zależności od czasu parowania przy ciśnieniu: 0; 0,5; 1 i 2 atn

parowanego w porównaniu z odpowiednimi wartościami dla drewna nie parowanego. Między czasem i ciśnieniem parowania a wielkością jednostkowego skurczu (pęcznienia) całkowitego istnieje ścisła zależność.

2. Ze wzrostem czasu parowania wzrasta wielkość jednostkowego skurczu całkowitego i jednostkowego pęcznienia całkowitego drewna, przy czym wzrost wskaźnika zmian w zakresie ciśnienia od 0 do 1 atn jest mniejszy niż wzrost wskaźnika zmian przy ciśnieniu 2,0 atn. Istotność różnic między poszczególnymi wskaźnikami zmian, które odpowiadają stosowanym czasom parowania, została w każdym wypadku statystycznie udowodniona.

3. Ze wzrostem ciśnienia parowania na ogół wzrasta wartość jednostkowego skurczu całkowitego i jednostkowego pęcznienia całkowitego drewna, przy czym wzrost ten nie jest tak wyraźny jak przy zwiększaniu czasu parowania. Można więc stwierdzić, że czas parowania powoduje większe zmiany jednostkowego skurczu całkowitego drewna niż ciśnienie parowania.

4. Materiał parowany wykazuje na ogół większą zmienność badanych wielkości niż materiał nie parowany.

5. Wywołane parowaniem wzrost jednostkowego skurczu całkowitego i jednostkowego pęcznienia całkowitego drewna w kierunku promieniowym i stycznym mają zbliżoną wartość.

6. W drewnie parowanym pęcznienie jest na ogół mniejsze niż skurcz. Różnice są jednak nie znaczne.

7. W zakresie krótszych czasów parowania i niższych ciśnień zmiany jednostkowego skurczu całkowitego i jednostkowego pęcznienia całkowitego układają się bardziej prawidłowo aniżeli w zakresie dłuższych czasów parowania i wyższych ciśnień. Większe rozbieżności wyników zaobserwować można przy ciśnieniu parowania 1 i 2 atn oraz czasach powyżej 6 godzin, choć ogólna stwierdzona prawidłowość jest zachowana. Fakt ten jest zrozumiały, gdyż przy wyższych ciśnieniach i dłuższych okresach parowania zachodzą zmiany fizyko-chemiczne naruszające — w pewnym stopniu — strukturę drewna.

8. Małe współczynniki zmienności kurczliwości i pęcznienia (0,9 do 4,8%, średnio 2,1%) świadczą o właściwym doborze materiału badawczego pod względem struktury.

Badania objęte niniejszą pracą wykazały jasno, że parowanie wpływa na zwiększenie skurczu i pęcznienia drewna.

Wyniki tych badań nie są jednak zgodne z wypowiedziami spotykanymi w literaturze a w szczególności z badaniami Kollmanna (15). Wobec jednak innego zakresu przeprowadzonych badań nie mogą stanowić pełnego materiału porównawczego.

Należy podkreślić, że w żadnych z publikowanych w literaturze badań nie posługiwano się metodyką na tyle zbliżoną do metodyki badań niniejszej pracy, by ich wyniki mogły być ze sobą całkowicie porównywalne.

Przeprowadzone przez Kollmanna (15) badania dotyczą zmian pęcznienia w kierunku stycznym drewna parowanego i nie parowanego w czasie nawilżania (w pracy niniejszej badano efekty końcowe suszenia i nawilżania, a więc końcowy skurcz i pęcznienie). Próbki były parowane przy ciśnieniu 1—3 atn przez 60 i 120 minut (w niniejszej pracy od 120 do 960 minut). Czas nawilżania był ograniczony do 240 godzin (w niniejszej pracy obserwacje prowadzono aż do ustalenia wymiarów próbek, co następowało po 28 dniach).

W wyniku tych badań Kollmann stwierdził, że parowanie wpływa na zmniejszenie pęcznienia drewna. Za podstawę do oceny przyjął on — oprócz różnic w przebiegu krzywych pęcznienia drewna parowanego i nie parowanego — uzyskane końcowe efekty pęcznienia.

Do podobnych wyników doszli Perkitny, Ławniczak i Marciniak (34) badając — obok ciśnienia pęcznienia — przebieg swobodnego pęcznienia drewna parowanego i nie parowanego.

Fakt, że inni badacze dochodzili do przeciwnych wyników świadczy, że na efekty końcowe wpływają odmiennie warunki badania, nie zawsze znane dla analizujących wyniki.

Z nowszych badań (39, 40, 41) nad zmianami fizyko-chemicznymi drewna wynika, iż w procesie parowania drewna następuje rozszczepienie połączenia lignina-węglowodany przy równoczesnym uplastycznieniu ligniny. Runkel (39) tłumaczy zjawisko uplastycznienia drewna hydrolizą pentozanów w pentozy, które poprzez furfurol przechodzą w żywice furfurolowe. Hydroliza pentozanów jest katalizowana przez kation wodoru powstający w wyniku dysocjacji naturalnych kwasów organicznych wyzwalających się w drewnie w czasie parowania. Fakt powstawania kwasów organicznych w czasie parowania stwierdzili E. Plath i L. Plath (36, 38).

Ogólnie można stwierdzić, że w wyniku parowania ulegają wyługowaniu pewne frakcje ligniny i pentozany oraz inne związki chemiczne. Częściowe wyługowanie jest możliwe dzięki podwyższeniu rozpuszczalności tych związków spowodowanemu działaniem pary wodnej w podwyższonej temperaturze.

Natomiast w procesie parowania drewna nie ulega zasadniczo zmianie celuloza. Fakt ten może mieć daleko idące konsekwencje. Według badań Nečesanego (31) celuloza i holoceluloza wykazują znacznie większe wartości pęcznienia a więc kurczenia się, niż drewno. W porównaniu z drewnem bukowym objętościowe spęcznienie celulozy jest w przybliżeniu o 10% a holocelulozy o 90% większe. Analogicznie promieniowe spęcznienie celulozy jest w przybliżeniu o 130% a holocelulozy o 140% większe niż drewna. Natomiast lignina działa hamująco na wielkość pęcznienia drewna.

Ponieważ w procesie parowania drewna lignina ulega uplastycznieniu oraz częściowemu wyługowaniu jasne się staje, że w tych warunkach lep-

Tabela 9

Zmiana stosunku jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku stycznym do jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku promieniowym $\left(\frac{k_t}{k_r}\right)$ pod wpływem parowania

Czas parowania	Próbki kontrolne $\frac{k_t}{k_r}$	Ciśnienie 0,0 atn $\frac{k_{t1}}{k_{r1}}$	Ciśnienie 0,0 atn $\frac{k_{t2}}{k_{r2}}$	Próbki kontrolne $\frac{k_t}{k_r}$	Ciśnienie 0,5 atn $\frac{k_{t1}}{k_{r1}}$	Ciśnienie 0,5 atn $\frac{k_{t2}}{k_{r2}}$	Próbki kontrolne $\frac{k_t}{k_r}$	Ciśnienie 1,0 atn $\frac{k_{t1}}{k_{r1}}$	Ciśnienie 1,0 atn $\frac{k_{t2}}{k_{r2}}$	Próbki kontrolne $\frac{k_t}{k_r}$	Ciśnienie 2,0 atn $\frac{k_{t1}}{k_{r1}}$	Ciśnienie 2,0 atn $\frac{k_{t2}}{k_{r2}}$
2	2,26	2,12	2,28	2,24	2,07	2,21	2,07	1,94	2,13	1,95	1,86	2,12
4	2,28	2,12	2,33	2,09	1,97	2,12	2,26	2,02	2,26	2,19	2,01	2,26
6	2,18	2,05	2,26	1,95	1,84	1,98	2,19	2,00	2,21	2,27	1,77	1,92
8	2,11	1,95	2,14	2,25	2,10	2,33	2,10	1,95	2,18	2,45	2,14	2,33
10	2,20	2,13	2,31	2,22	2,13	2,34	2,10	1,78	2,03	2,13	2,10	2,28
12	1,95	1,83	1,96	2,10	1,91	2,11	2,12	1,83	2,04	2,07	2,33	2,59
14	2,12	2,02	2,16	2,08	1,88	2,10	2,16	1,82	2,05	2,10	2,32	2,56
16	1,86	1,80	1,93	2,02	1,74	1,94	2,10	2,04	2,24	2,14	2,50	2,75

k_{t_1}, k_{r_1} — jednostkowy skurcz całkowity obliczony na podstawie wymiaru 1_w przed parowaniem

k_{t_2}, k_{r_2} — jednostkowy skurcz całkowity obliczony na podstawie wymiaru 1_w po parowaniu

sze możliwości kurczenia się i pęcznienia ma nie ulegająca zmianom celuloza.

Badania Nečesanego wykazały również, że pęcznienie celulozy dzięki udziałowi elementów krystalicznych przebiega powolniej, lecz osiąga większewartości niż w drewnie. Stwierdzenie to może w pewnym stopniu tłumaczyć odmienne wyniki uzyskane przez Kollmanna i innych.

Stopień wyługowania ligniny i innych związków jest zależny od parametrów parowania. Im ostrzejsze parametry — tym większy stopień uplastycznienia i wyługowania ligniny, a tym samym większy udział bardziej kurczliwej celulozy w drewnie. Wydaje się, że sopień uplastycznienia ligniny odgrywa dużą rolę w przebiegu pęcznienia drewna parowanego. Fakty te mogą w pewnym stopniu tłumaczyć uzyskane wyniki badań.

d. Wpływ parowania na zmianę stosunku jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku stycznym do jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku promieniowym

W tabeli 9 podano wartość stosunku $\frac{k_t}{k_r}$ dla drewna parowanego oraz dla drewna parowanego przy różnym ciśnieniu parowania.

Ze średnich wartości liczbowych podanych w tabeli 9 wynika, że pod wpływem parowania zmienia się stosunek $\frac{k_t}{k_r}$; przy czym stosunek ten na ogół zmniejsza się, jeśli za podstawę do obliczeń skurczu przyjęto wymiar

próbek przed parowaniem a ulega zwiększeniu, jeśli wartość skurczu obliczono na podstawie wymiarów po parowaniu. Fakt ten jest zrozumiały, ponieważ próbki pod wpływem parowania ulegały odkształceniom dodatnim w kierunku stycznym i ujemnym w kierunku promieniowym. Wobec tego wartości jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku stycznym będą większe, w kierunku promieniowym — mniejsze, a w ślad za tym wartość stosunku $\frac{k_t}{k_r}$ wzrośnie.

Od przedstawionych prawidłowości odbiegają liczby podane dla materiału parowanego przy ciśnieniu 2 atn i w zakresie czasów od 12 do 16 godzin. Fakt ten należy tłumaczyć zaznaczającym się w zwiększonym stopniu — w stosunku do niższych ciśnień i krótszych czasów parowania — rozkładem drewna.

Zmniejszenie stosunku $\frac{k_t}{k_r}$ jest korzystne, ponieważ drewno wykazujące mniejszą anizotropię skurczu mniej się paczy. Jednak ze względu na małe zmiany wartości stosunku $\frac{k_t}{k_r}$ zaobserwowane w toku badań, zjawisko to może mieć małe znaczenie praktyczne.

e. Wpływ parowania na zmianę stosunku jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku stycznym do jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku promieniowym

Materiały liczbowe charakteryzujące wpływ parowania na zmianę stosunku jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku stycznym do jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku promieniowym zestawiono w tabeli 10.

Tabela 10

Zmiana stosunku jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku stycznym do jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku promieniowym $\left(\frac{p_t}{p_r}\right)$ pod wpływem parowania

Czas parowania godz.	Próbki kontrolne	Ciśnienie 0,0 atn	Próbki kontrolne	Ciśnienie 0,5 atn	Próbki kontrolne	Ciśnienie 1,0 atn	Próbki kontrolne	Ciśnienie 2,0 atn
	$\frac{p_t}{p_r}$	$\frac{p_{t_1}}{p_{r_1}}$	$\frac{p_t}{p_r}$	$\frac{p_{t_1}}{p_{r_1}}$	$\frac{p_t}{p_r}$	$\frac{p_{t_1}}{p_{r_1}}$	$\frac{p_t}{p_r}$	$\frac{p_{t_1}}{p_{r_1}}$
2	2,33	2,29	2,32	2,18	2,14	2,10	2,02	2,05
4	2,37	2,30	2,14	2,06	2,35	2,21	2,28	2,22
6	2,24	2,23	2,00	1,93	2,77	2,17	2,37	1,80
8	2,14	2,10	2,27	2,28	2,15	2,11	2,45	1,99
10	2,26	2,26	2,32	2,28	2,16	1,83	2,13	2,07
12	2,00	1,94	2,18	2,07	2,14	1,93	2,15	2,39
14	2,13	2,11	2,14	2,00	2,23	1,92	2,16	2,31
16	1,91	1,80	2,05	1,90	2,14	2,11	2,24	2,39

Z danych liczbowych wynika, że pod wpływem parowania zmniejsza się stosunek $\frac{p_{t_1}}{p_{r_1}}$ w porównaniu do wartości stosunku $\frac{p_t}{p_r}$ dla drewna nie parowanego. Od reguły tej odbiegają liczby dla ciśnienia parowania 2 atn w zakresie czasów od 12 do 16 godzin. Widzimy tu zjawisko podobne jak przy badaniu wartości stosunku $\frac{k_t}{k_r}$ przy skurczu.

Ogólnie jednak biorąc, zmiany są stosunkowo nieznaczne, wobec czego można twierdzić, że w wyniku parowania drewna stosunek jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku stycznym do jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku promieniowym ma tylko nieznaczną tendencję do zmniejszania się w porównaniu z odpowiednim stosunkiem dla drewna nie parowanego.

W badaniach zmian stosunku $\frac{k_t}{k_r}$ i $\frac{p_t}{p_r}$ na ogół nie stwierdzono wyraźnie wpływu ciśnienia parowania jak też wpływu czasu parowania.

Zmniejszenie choć nieznaczne wartości stosunku $\frac{k_t}{k_r}$ i $\frac{p_t}{p_r}$ po parowaniu drewna pozostaje zgodnie z poglądem, że przyczyną zwiększenia kurczliwości i pęcznienia jest częściowe wyługowanie ligniny. Według badań Nečesanego (31) wartości $\frac{p_t}{p_r}$ przedstawiają się następująco: dla drewna bukowego 2,9, dla celulozy wyodrębnionej z drewna bukowego 0,9, dla holocelulozy wyodrębnionej z drewna bukowego 2,2. Jak z tego wynika, celuloza wykazuje najmniejszą anizotropię pęcznienia. Wobec częściowego wyługowania ligniny udział celulozy w drewnie zwiększa się, a w parze z tym idzie zmniejszenie anizotropowości drewna.

IV. BADANIA W WARUNKACH PRODUKCYJNYCH

1. MATERIAŁ BADAWCZY I METODYKA

Parowanie w parzelni fabrycznej przeprowadzono na świeżym drewnie bukowym pochodzącym z północnej bazy surowcowej. Drewno to pobrano z bieżącej produkcji fabrycznej.

Z drewna bezpośrednio po przetarciu, wyrobiono 5 łat bielastych o wymiarach 30×30×800 mm. Układ słojów rocznych w łatach na przekroju poprzecznym był prostopadły do jednej krawędzi. Przebieg włókien drzewnych był równoległy do dłuższej krawędzi. Łaty nie miały widocznych wad. Łaty dobierano w ten sposób, aby liczba słojów rocznych na przekroju była możliwie zbliżona.

Równocześnie pobierano próbki do oznaczenia ciężaru właściwego drewna.

Ciężar właściwy drewna całkowicie suchego użytego do badań był zawarty w granicach od 0,59 do 0,68 g/cm³. Szerokość słojów wynosiła od 0,9 do 2,0 mm.

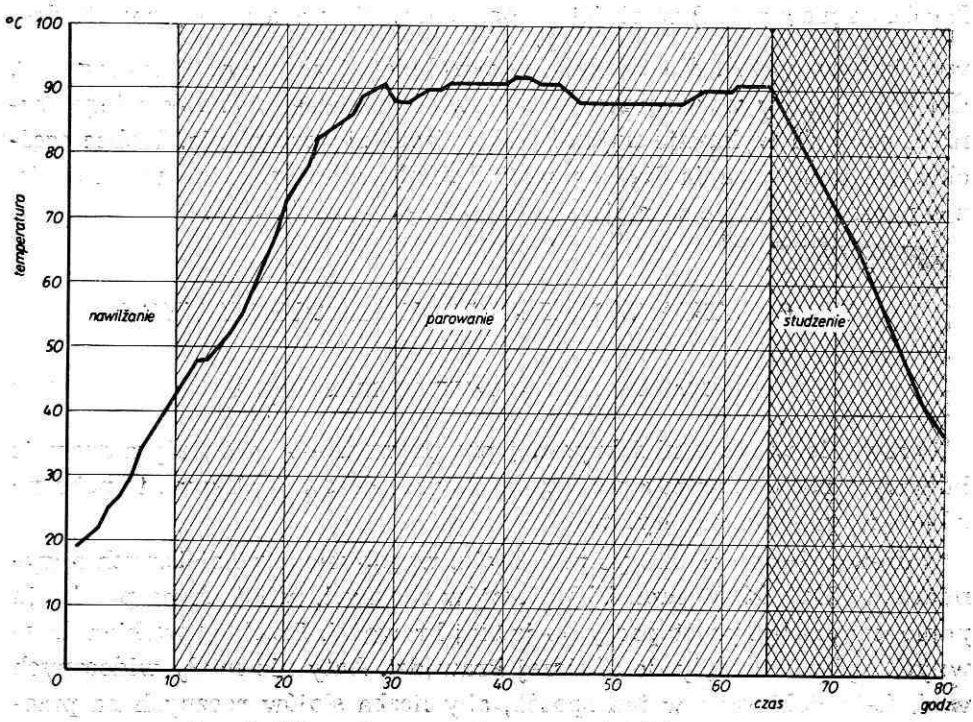
Każdą łatę dzielono na dwie części. Jedną z uzyskanych w ten sposób beleczek przeznaczano do parowania w parzelni, druga służyła za porównawczy materiał kontrolny.

Po zakończeniu parowania z parowanej i nie parowanej części łaty wyrobiono, zaczynając od miejsca przecięcia łaty po 5 próbek o wymiarach 30 × 30 × 10 mm.

Parowanie w parzelni fabrycznej przeprowadzono zgodnie z przyjętym schematem parowania stosowanym w praktyce przemysłowej. Przebieg parowania przedstawiono na rys. 8.

Badane beleczki ułożono „na głucho" w środku parzelni wraz z tarcicą przeznaczoną do celów produkcyjnych. Poddanie parowaniu beleczek, a nie próbek (jak w badaniach laboratoryjnych), miało na celu dostosowanie badań do warunków praktycznych. W czasie parowania pobierano próbki kondensatu w odstępach 4-godzinnych.

Część beleczek przeznaczonych do parowania zważono przed i po parowaniu w celu ustalenia spadku wilgotności w procesie parowania. Ważenie



Rys. 8. Schemat parowania w parzelni fabrycznej

beleczek przeprowadzono bezpośrednio po otwarciu komory. Wilgotność obliczono metodą deski kontrolnej.

Równocześnie z ważeniem dokonano pomiarów przekroju poprzecznego beleczek. Ponieważ wyrywkowe pomiary wykazały brak istotnych zmian wymiarów, zagadnieniem tym nie zajmowano się w dalszym ciągu doświadczenia.

Z beleczek parowanych i kontrolnych pobrano próbki, które zważono oraz pomierzono w kierunku promieniowym i stycznym. Następnie sezonowano je w laboratorium o znanej temperaturze i względnej wilgotności powietrza, dokonując w czasie wysychania pomiarów i ważeń. W ten sposób można było określać spadek wilgotności i związane z nim kurczenie się próbek w normalnie spotykanych warunkach otoczenia. Warunki atmosferyczne w pomieszczeniu laboratoryjnym nie były regulowane i zmieniały się dość znacznie. Z chwilą, gdy zmiany ciężaru próbek stały się nieznaczne, wysuszono je do stanu całkowicie suchego i dokonano odpowiednich pomiarów i ważeń.

Po wysuszeniu, próbki ponownie rozłożono w laboratorium w celu stopniowego nawilżenia. Nawilżanie przeprowadzono w ciągu 14 dni w pomieszczeniu laboratoryjnym ogrzewanym centralnie a przez następne 60 dni próbki przetrzymywano w eksykatorze nad powierzchnią wody. Wilgotność względna powietrza w eksykatorze wynosiła około 100%, temperatura 20 do 25°C. Podobnie jak poprzednio przy wysychaniu dokonywano pomiarów i ważeń próbek początkowo codziennie, a następnie w odstępach kilkudniowych, w zależności od szybkości zmian mierzonych wielkości. Następnie próbki umieszczono w wodzie destylowanej o temperaturze pokojowej. Badanie zakończono po uzyskaniu przez próbki stałych wymiarów.

Metodyka pomiarów ważenia i suszenia próbek była zgodna z metodyką przyjętą w odniesieniu do materiału parowanego w laboratorium.

2. OBLICZENIA

Na podstawie kolejnych ważeń próbek ustalono: wilgotność próbek przed parowaniem, wilgotność próbek po parowaniu oraz wilgotność w poszczególnych fazach wysychania i nawilżania. Dokonywane kolejne pomiary próbek w kierunku promieniowym i stycznym w czasie wysychania i nawilżania posłużyły do obliczenia:

a) jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku promieniowym i stycznym,

b) jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku promieniowym i stycznym,

c) jednostkowego skurczu częściowego w poszczególnych fazach wysychania w kierunku promieniowym i stycznym,

d) jednostkowego pęcznienia częściowego w poszczególnych fazach nawilżania w kierunku promieniowym i stycznym.

Obliczenia jednostkowego skurczu całkowitego i jednostkowego pęcznienia całkowitego dokonano za pomocą wzorów podanych w rozdziale III podrozdziale 2. Natomiast jednostkowy skurcz częściowy i jednostkowe pęcznienie częściowe obliczono według:

$$k = \frac{l_{wb} - l_o}{l_o} \quad \text{i} \quad p = \frac{l_{wb} - l_o}{l_o}$$

gdzie

k — jednostkowy skurcz częściowy,

p — jednostkowe pęcznienie częściowe,

l_w — kolejny bieżący wymiar próbki wilgotnej w czasie wysychania lub nawilżania w mm,

l_o — wymiar próbki w stanie całkowicie suchym w mm.

Za poziom odniesienia przyjęto — jak w poprzednich badaniach — wymiar próbki w stanie suchym. Miało to na celu ułatwienie porównywania wyników kurczliwości i pęcznienia.

W zestawieniach wyników badania wilgotności oraz jednostkowego skurczu całkowitego i jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku promieniowym i stycznym podano: wartość minimalną, maksymalną i średnią. Natomiast w zestawieniach przebiegu zmian wilgotności, jednostkowego skurczu częściowego i jednostkowego pęcznienia częściowego w czasie wysychania i nawilżania podano wartości średnie.

W celu lepszego scharakteryzowania uzyskanych wartości jednostkowego skurczu całkowitego oraz jednostkowego pęcznienia całkowitego podano odchylenie standardowe i współczynnik zmienności.

Istotność różnic w badanych wielkościach dla próbek parowanych i nie parowanych ustalono stosując wzór

$$t_{emp} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\Sigma (x_1 - x_2)^2 - N (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2}{N (N - 1)}}}$$

gdzie $\bar{x}_1$ i $\bar{x}^2$ — rozpatrywane średnie arytmetyczne,

$\Sigma (x_1 - x_2)^2$ — suma kwadratów różnic między poszczególnymi wynikami,

N — liczba próbek.

Na podstawie porównania t_{emp} z t_{teor} podanych w tabelach Fishera przy liczbie wyników $N - 1$ dla ufności 95% i 99% stwierdzono istotność różnic.

W zestawieniach wyników badania różnice istotne z ufnością 95% oznaczono znakiem +, z ufnością 99% oznaczono znakiem ++.

3. ANALIZA WYNIKÓW BADANIA

a. Zmiany wilgotności, kurczliwości i pęcznienia drewna pod wpływem parowania

Na podstawie materiału liczbowego zestawionego w tabeli 11 można stwierdzić co następuje.

Wilgotność drewna przed parowaniem wynosiła od 58 do 74%; średnio 68%. W wyniku parowania wilgotność drewna obniżyła się i wynosiła od 43 do 59%, średnio 54%; średni spadek wilgotności wynosił 14%. Minimalna wilgotność, jaką drewno osiągnęło po parowaniu, wynosiła 43%. Według literatury (30, 42) wilgotność drewna po parowaniu przyjmuje wartość około 40%. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że jedynie minimalna wilgotność była zbliżona do wspomnianej, natomiast wartość średnia odbiegła dość znacznie.

Jednostkowy skurcz całkowity w kierunku promieniowym i stycznym, zarówno drewna parowanego, jak i nie parowanego, wykazuje te same wartości. Wobec tego można stwierdzić, że w wyniku parowania w parzelni fabrycznej drewno nie zmienia swej kurczliwości. Również współczynniki zmienności jednostkowego skurczu całkowitego drewna, zarówno w kierunku promieniowym, jak i stycznym, nie wykazują zasadniczej różnicy. Świadczą natomiast o małej zmienności, a więc o jednorodności badanego materiału.

Nieco inaczej przedstawiają się zmiany pęcznienia drewna pod wpływem parowania. Jednostkowe pęcznienie całkowite w kierunku promieniowym i stycznym drewna parowanego osiąga nieco mniejsze wartości od odpowiednich wartości drewna nie parowanego. Z analizy statystycznej wynika, że różnice przy prawdopodobieństwie 95% są istotne.

Porównując wartości jednostkowego skurczu całkowitego z jednostkowym pęcznieniem całkowitym drewna parowanego stwierdzić można, że:

a) jednostkowy skurcz całkowity w kierunku promieniowym jest większy od jednostkowego pęcznienia całkowitego w tym kierunku,

b) jednostkowy skurcz całkowity w kierunku stycznym jest mniejszy od jednostkowego pęcznienia całkowitego w tym kierunku,

c) z praktycznego punktu widzenia różnice te są nieznaczne.

Stosunek jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku stycznym do jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku promieniowym wynosi dla drewna parowanego i nie parowanego 2,33. Natomiast stosunek jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku stycznym do jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku promieniowym drewna parowanego osiąga nieco większą wartość niż w przypadku drewna nie parowanego; odpowiednia wartość dla drewna parowanego wynosi 2,48, dla drewna nie parowanego — 2,44. Różnice są nieznaczne.

Tabela 11

Zmiany wilgotności oraz jednostkowego skurczu całkowitego i jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku promieniowym i stycznym pod wpływem parowania w parzelni fabrycznej

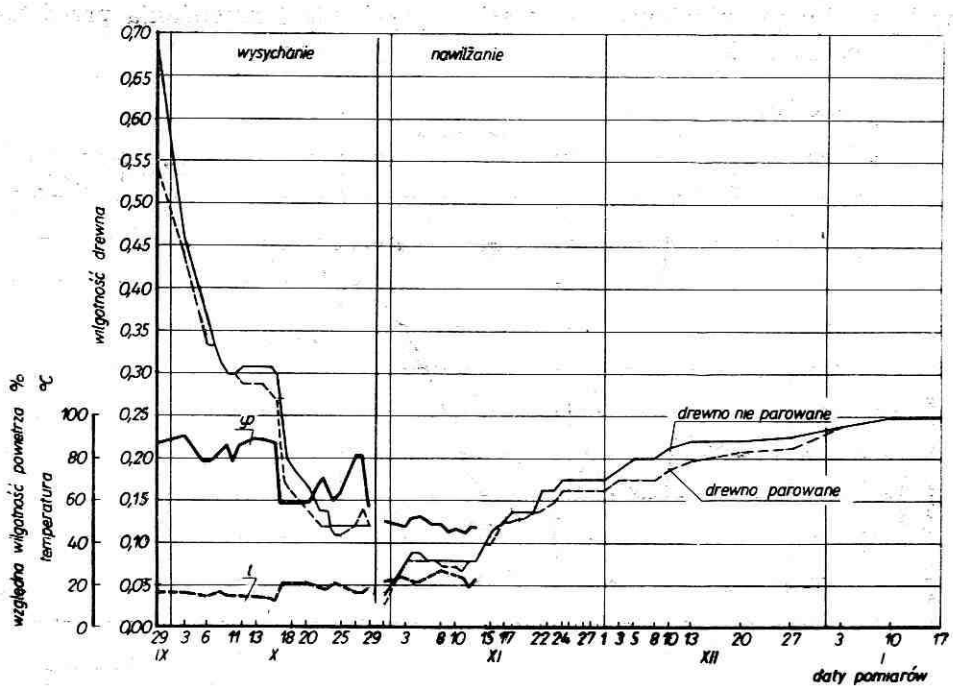
Oznaczenie	Miano	Materiał parowany					Materiał nie parowany					Istotność różnic
		min	średnia	max	σ	V %	min	średnia	max	σ	V %	
Wilgotność	%	43	54	59	—	—	58	68	74	—	—	++
Jednostkowy skurcz całkowity w kierunku promieniowym	mm/mm	0,054	0,061	0,066	0,0036	5,9	0,054	0,061	0,065	0,0031	5,1	—
Jednostkowy skurcz całkowity w kierunku stycznym	mm/mm	0,110	0,142	0,152	0,0102	7,2	0,099	0,142	0,142	0,0112	7,9	—
Jednostkowe pęcznienie całkowite w kierunku promieniowym	mm/mm	0,051	0,058	0,062	0,0028	4,8	0,052	0,066	0,066	0,0040	6,6	+
Jednostkowe pęcznienie całkowite w kierunku stycznym	mm/mm	0,108	0,144	0,154	0,0098	6,8	0,103	0,149	0,152	0,0105	7,0	+

b. Zmiany wilgotności parowanych i nie parowanych próbek w czasie wysychania i nawilżania

Prześledzenie zmian wilgotności parowanych i nie parowanych próbek w czasie wysychania i nawilżania wykonano na podstawie rys. 9. Na podstawie otrzymanych wyników badania można sformułować następujące wnioski.

1. W wyniku parowania wilgotność próbek obniżyła się dość znacznie, w związku z tym w pierwszej fazie wysychania różnice między próbkami parowanymi i nie parowanymi są dość znaczne. W miarę jednak upływu czasu różnice te maleją.

2. W niektórych wypadkach nastąpiło podwyższenie się wilgotności z chwilą, gdy średnia wilgotność próbek wynosiła 30%. Fakt ten należy tłumaczyć nawilżeniem się zewnętrznych partii próbek, których wilgot-



Rys. 9. Przebieg zmian wilgotności parowanych i nie parowanych próbek w czasie wysychania i nawilżania

ność spadła poniżej aktualnej wilgotności równowagi higroskopijnej. Wzrost wilgotności próbek odpowiada wzrostowi względnej wilgotności powietrza w pomieszczeniu laboratoryjnym.

3. Z porównania przebiegu krzywych zmian wilgotności w czasie wysychania wynika, że na ogół próbki parowane wykazywały niższą wilgot-

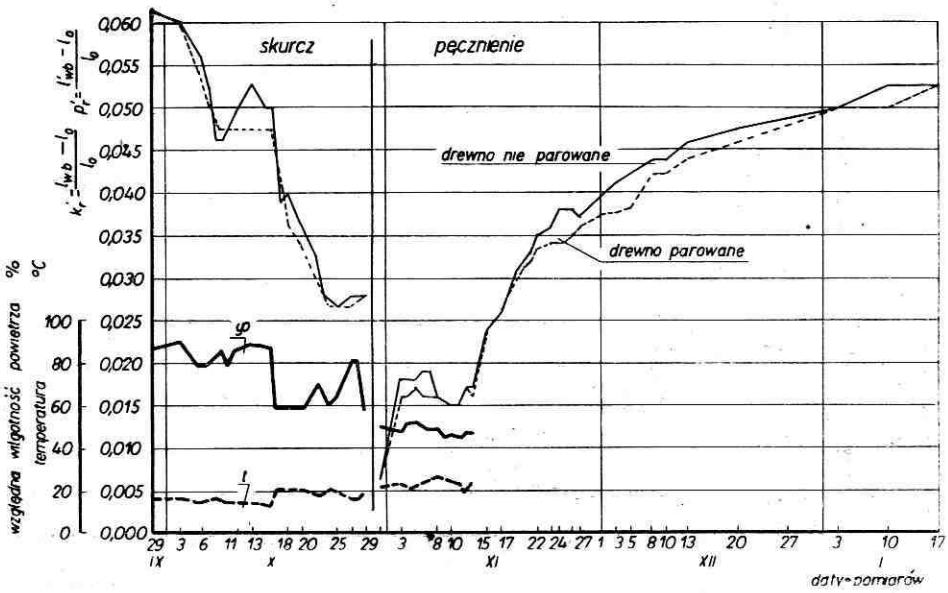
ność niż próbki nie parowane. Różnice te są jednak nieznaczne, mimo że w pewnych dniach stwierdzono statystyczną istotność.

4. Wilgotność próbek parowanych w czasie nawilżania wykazuje niższą bądź równą wilgotność w stosunku do próbek nie parowanych; największe różnice wynoszą 2%.

5. Analiza przebiegu krzywych wilgotności próbek w czasie wysychania i nawilżania wykazuje, że próbki parowane mają tendencję do utrzymywania niższej wilgotności niż próbki nie parowane. Stwierdzenie to odnosi się przede wszystkim do okresu nawilżania.

c. Zmiany jednostkowego skurczu częściowego i jednostkowego pęcznienia częściowego w kierunku promieniowym w czasie wysychania i nawilżania

Przebieg zmian jednostkowego skurczu (pęcznienia) częściowego próbek w kierunku promieniowym w czasie wysychania i nawilżania przedstawiono na rys. 10.



Rys. 10. Zmiany jednostkowego skurczu (pęcznienia) częściowego próbek w kierunku promieniowym w czasie wysychania i nawilżania

Na podstawie przebiegu krzywych można sformułować następujące wnioski.

1. Na ogół kierunek zmian jednostkowego skurczu częściowego jest zgodny z kierunkiem zmian wilgotności (rys. 9 i rys. 10). Istnieją jednak nieznaczne różnice, które świadczą, że zmiany jednostkowego skurczu

częściowego dokonują się z pewnym opóźnieniem w stosunku do zmian wilgotności. Świadczy o tym np. okres od 10. X. do 16. X., w którym wilgotność utrzymuje się na stałym poziomie po nieznacznym uprzednim wzroście, natomiast jednostkowy skurcz częściowy się zmienia.

2. W zdecydowanej większości wypadków jednostkowy skurcz częściowy jest nieco mniejszy dla drewna parowanego niż nie parowanego.

3. W początkowym okresie nawilżania jednostkowe pęcznienie częściowe drewna nie parowanego rośnie szybciej niż drewna parowanego. Następnie obniża się przyjmując te same wartości.

4. Przebieg zmian jednostkowego pęcznienia częściowego wykazał, że na ogół w drewnie parowanym przyjmuje ono mniejsze wartości niż w drewnie nie parowanym. Zmiany te jak przy wysychaniu idą w parze ze zmianami wilgotności. I tu również obserwuje się pewne opóźnienie w zmianach skurczu w stosunku do zmian wilgotności.

5. Analiza statystyczna wykazała w niektórych okresach nawilżania różnice istotne. Mimo tego stwierdzenia należy uznać, że z praktycznego punktu widzenia zarówno drewno parowane, jak i nie parowane pęcznieje podobnie w kierunku promieniowym w jednakowych warunkach otoczenia, różnice bowiem nie przekraczają 0,3 %.

d. Zmiany jednostkowego skurczu częściowego i jednostkowego pęcznienia częściowego w kierunku stycznym w czasie wysychania i nawilżania

Przebieg zmian jednostkowego skurczu częściowego (pęcznienia) drewna w kierunku stycznym w czasie wysychania i nawilżania przedstawiono na rys. 11.

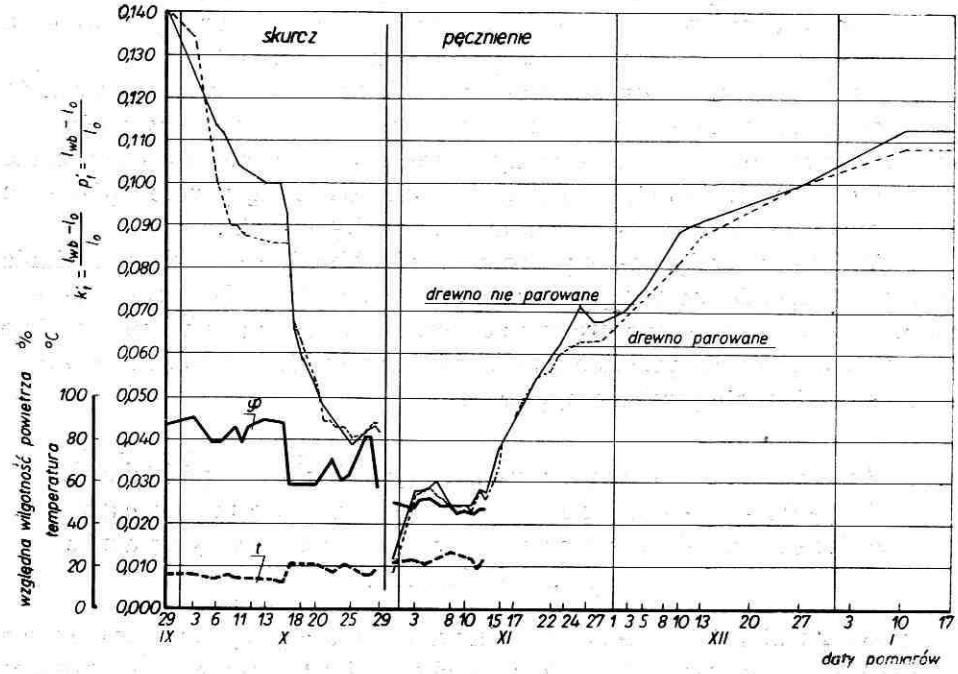
Przebieg krzywych pozwala na sformułowanie następujących stwierdzeń.

1. Przebieg zmian jednostkowego skurczu częściowego w kierunku stycznym w czasie wysychania ma nieco inny charakter niż w kierunku promieniowym oraz niż przebieg zmian wilgotności. Różnice zachodzą w zachowaniu się drewna w okresie od 10 do 16. X. W tym okresie wilgotność oraz jednostkowy skurcz częściowy w kierunku promieniowym wykazywały wzrost, natomiast jednostkowy skurcz częściowy w kierunku stycznym wykazuje jedynie zahamowanie spadku.

2. W większości wypadków analiza statystyczna wykazała istotne różnice z prawdopodobieństwem nawet 99 %. Różnice te nie mają jednak stałego i jednokierunkowego charakteru.

3. Przebieg zmian jednostkowego pęcznienia częściowego drewna parowanego i nie parowanego przy nawilżaniu jest, ogólnie biorąc, podobny do przebiegu wilgotności i jednostkowego pęcznienia częściowego w kierunku promieniowym; różnice są jednak na ogół mniejsze.

4. Badania wykazały, że próbki zaczęły kurczyć się przy wysychaniu znacznie wcześniej aniżeli osiągnęły wilgotność punktu nasycenia włókien. Fakt ten świadczy, że zewnętrzne partie próbek osiągnęły poziom wilgotności niższy niż wilgotność punktu nasycenia włókien, mimo że średnia wilgotność znacznie przekraczała wilgotność krytyczną. Zjawisko to można tłumaczyć tym, że próbki wysychając równocześnie wydzielały wodę wolną



Rys. 11. Zmiany jednostkowego skurczu (pęcznienia) częściowego próbek w kierunku stycznym w czasie wysychania i nawilżania

i higroskopijną. Próbki parowane na ogół szybciej wysychały i kurczyły się, osiągając w tym samym czasie mniejsze wartości wilgotności i jednostkowego skurczu częściowego od próbek nie parowanych. Natomiast przy nawilżaniu na ogół zachodziło zjawisko odwrotne; próbki nie parowane szybciej się nawilżały i pęczniały w porównaniu z próbkami parowanymi.

V. SYNTEZA WYNIKÓW

Na podstawie materiału doświadczalnego zebranego w toku wykonywania pracy można dojść do następujących stwierdzeń.

1. Proces parowania wywiera wpływ na zmianę wilgotności drewna. Wraz ze wzrostem stosowanego ciśnienia parowania spada wilgotność drewna. Natomiast wpływ czasu parowania na spadek wilgotności nie uwidocznił się w wyraźny sposób.

Wyrażany w literaturze pogląd, że drewno parowane w stanie świeżym osiąga po parowaniu około 40% wilgotności, nie potwierdził się; średnia wilgotność drewna po parowaniu wynosiła od 54 do 102%. Stwierdzenie to odnosi się również do drewna parowanego w parzelni fabrycznej.

2. Pod wpływem parowania próbki odkształcają się: wartości odkształceń w kierunku promieniowym są ujemne, w kierunku stycznym — dodatnie. Na ogół nie stwierdzono zależności między wzrostem czasu parowania a wartością odkształceń, pewna zależność istnieje jednak dla kierunku stycznego przy ciśnieniu 0 i 0,5 atn. Na ogół wraz ze wzrostem ciśnienia parowania wzrasta wielkość odkształcenia w kierunku stycznym. Można zaobserwować, że zmniejszeniu odkształceń dodatnich w kierunku stycznym towarzyszy wzrost odkształceń ujemnych w kierunku promieniowym. Wartości odkształceń stwierdzone w toku badań wynoszą:

a) w kierunku promieniowym od 0,02 do 0,55%,

b) w kierunku stycznym od 0,064 do 1,42%.

Zaobserwowane zjawisko odkształcania się drewna w czasie parowania należy tłumaczyć istnieniem — zgodnie z hipotezą Perkitnego — naprężeń wzrostowych w drewnie bukowym, które w wyniku parowania ulegają rozładowaniu. Zjawisko odkształcania się drewna wystąpiło przy intensywnym parowaniu w warunkach laboratoryjnych, nie zaobserwowano go w mniej intensywnych warunkach parowania w parzelni.

3. Parowanie drewna powoduje nieznaczne zwiększenie kurczliwości i pęcznienia drewna. Ze wzrostem ciśnienia i czasu parowania wzrasta wartość jednostkowego skurczu (pęcznienia) całkowitego drewna: wzrost w zakresie ciśnień od 0 do 1 atn jest mniejszy niż wzrost przy ciśnieniu 2 atn. Stwierdzenie to pozostaje w sprzeczności z badaniami przeprowadzonymi przez Kollmanna (15), wobec jednak innego zakresu prowadzonych przez niego badań wyniki tego autora nie mogą stanowić pełnego materiału porównawczego.

Wywołany parowaniem wzrost jednostkowego skurczu (pęcznienia) całkowitego w kierunku promieniowym i stycznym jest tego samego rzędu.

W drewnie parowanym pęcznienie jest na ogół mniejsze niż skurcz. Różnice są jednak nieznaczne.

Ze wzrostem czasu parowania o jedną godzinę wzrasta w przedziale czasu parowania od 2 do 16 godzin jednostkowy skurcz całkowity i jednostkowe pęcznienie całkowite w kierunku stycznym i promieniowym, średnio:

w zakresie ciśnień 0—1 atn — od 0,9 do 1,8%,
przy ciśnieniu 2 atn — od 3,8 do 4,8%.

Na ogół w zakresie niższych ciśnień i krótszych okresów parowania istnieje większa prawidłowość zmian jednostkowego skurczu (pęcznienia) pod wpływem parowania. Większe rozbieżności wyników zaobserwować można przy stosowaniu ciśnień 1 i 2 atn oraz przy czasach parowania

powyżej 6 godzin. Wyniki analizy statystycznej wykazały we wszystkich wypadkach istotność zależności prostoliniowej.

Wyniki przeprowadzonych badań można tłumaczyć następująco:

Jak wykazały badania Nečesanego, celuloza i holoceluloza wykazuje znacznie większe wartości pęcznienia, a więc i kurczenia się, niż drewno; natomiast lignina działa hamująco na pęcznienie.

Ponieważ w procesie parowania drewna lignina ulega uplastycznieniu oraz częściowemu wyługowaniu, wobec tego wzrastają możliwości kurczenia się i pęcznienia.

4. Drewno parowane wykazuje w porównaniu z drewnem nie parowanym nieznaczną tendencję do zmniejszenia stosunku jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku stycznym do jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku promieniowym. Tak samo stosunek jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku stycznym do jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku promieniowym wykazuje tendencję do zmniejszenia się. Fakty te — ze względu na mały zakres zmian — nie mogą mieć większego znaczenia praktycznego.

5. Przeprowadzone badania wykazały, że wpływ parowania w parzelni na jednostkowy skurcz całkowity i jednostkowe pęcznienie całkowite drewna jest nie istotny.

Badania nad przebiegiem wysychania i nawilżania drewna parowanego w parzelni fabrycznej i nie parowanego wykazały, że:

a) drewno parowane na ogół szybciej wysycha i kurczy się, a więc osiąga niższe wartości wilgotności i jednostkowego skurczu częściowego w kierunku promieniowym i stycznym od drewna nie parowanego;

b) drewno parowane na ogół wolniej nawilża się i pęcznieje od drewna nie parowanego, a więc zachodzi tu zjawisko odwrotne niż przy wysychaniu.

6. Z praktycznego punktu widzenia dużą rolę odgrywa kurczenie się i pęcznienie drewna przy desorpcji i adsorpcji w warunkach (otoczenia), jakie panują w zamkniętych i ogrzewanych pomieszczeniach. Z przeprowadzonych badań wynika, że różnice między drewnem parowanym w warunkach fabrycznych i drewnem nie parowanym są nieznaczne i w ujęciu praktycznym nie odgrywają istotnej roli. Dotychczasowe poglądy na temat częściowej stabilizacji wymiarów drewna pod wpływem parowania należy uznać — z praktycznego punktu widzenia — za nieuzasadnione.

WNIOSKI

Na tle przeprowadzonych badań, oraz wiadomości z literatury można sformułować ogólne wnioski odnoszące się do zagadnienia wpływu parowania na kurczliwość i pęcznienie drewna.

W czasie parowania — a w szczególności w procesie parowania konserwacyjno-uszlachetniającego — istnieją potencjalne możliwości zwiększania się kurczliwości i pęcznienia drewna. Dzieje się to na skutek uplastycznienia i częściowego wyługowania ligniny, wskutek czego pęcznienie i kurczenie się celulozy nie jest hamowane. Wykazały to jasno badania laboratoryjne przeprowadzone na małych próbkach. Wprawdzie badania przeprowdzone na materiale parowanym w parzelni nie wykazały istotnych zmian w skurczu i pęcznieniu drewna, jednak przyczyną braku zmian mogą być większe wymiary drewna poddanego parowaniu, sposób układania drewna w parzelni („na głucho") oraz mniej intensywne warunki parowania w parzelni niż w badaniach laboratoryjnych.

Badania Kollmanna, Falcka i Lutza, Schwalbego i Endera, Ghelmeziu, Kubińskiego i innych oraz badania przeprowadzone w Anglii i Francji wykazały małe różnice — często o odwrotnych znakach — w wartościach skurczu i pęcznienia drewna w wyniku jego parowania. Również badania Perkitnego, Ławniczaka i Marciniaka nad ciśnieniem pęcznienia drewna parowanego nie wykazały istotnych zmian w porównaniu z drewnem nie parowanym. Wyługowanie bowiem z drewna części subsancji wykazujących duże pęcznienie, jak pentozy, nie może mieć zasadniczego znaczenia, gdyż ilości wyługowywanych związków są znikomo małe. Mogą one mieć pewne znaczenie w dalszej klimatyzacji parowanego drewna.

Wobec tego istota zagadnienia wpływu parowania na polepszenie jakości drewna nie polega wbrew dotychczasowym poglądom spotykanym w praktyce i literaturze na zmniejszeniu skurczu względnie pęcznienia, lecz — raczej — na rozładowaniu naprężeń występująsych w drewnie.

Świadczą o tym wyniki przeprowadzonych badań nad odkształcaniem się drewna w procesie parowania oraz wyniki badań Ławniczaka i Zawady nad odkształcaniem się fornirów bukowych w parze wodnej i gorącej wodzie.

Fakt, że w praktyce drewno przeznaczone do parowania układa się „na głucho" można tłumaczyć — nieświadomym może — przeciwdziałaniem paczeniu się drewna w wyniku wyzwalania się naprężeń w czasie jego parowania. Również obserwowana w praktyce zwiększona ilość pęknięć w wyniku parowania jest przypuszczalnie następstwem istniejących w drewnie naprężeń.

Pozwala to na wysunięcie hipotezy, że konserwacyjno-uszlachetniający proces parowania powoduje rozładowywanie istniejących w drewnie naprężeń.

Rozładowywanie naprężeń następuje przypuszczalnie — jak to wykazały badania laboratoryjne w pierwszym okresie parowania. W związku z tym nasuwa się wniosek, aby proces parowania prowadzić krócej niż dotychczas i powtarzać go po pewnym okresie klimatyzacji. Wpłynie to niewątpliwie dodatnio na rozładowanie naprężeń, a także na przyspieszenie — nie wy-

jaśnionego dotąd dostatecznie — procesu stabilizacji drewna w czasie długotrwałego składowania.

Ogólnie biorąc można by proces parowania nazwać przyspieszonym „dojrzewaniem" drewna, które w praktyce rzemieślniczej uzyskiwane było przez długotrwałe składowanie tarcicy przed jej użyciem do produkcji. Polepszenie własności drewna wskutek długotrwałego składowania polega — przypuszczalnie — również na rozładowywaniu się wewnętrznych naprężeń w drewnie.

Wydaje się również, że celowe mogłoby być parowanie innych gatunków drewna liściastego, a nawet cennych sortymentów drewna iglastego.

Praca oparta na materiałach rozprawy doktorskiej wykonanej w Katedrze Mechanicznej Technologii Drewna Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 6 października 1962 r.

LITERATURA

1. Breznjak M.: O promieni boje bukowih piljenica kood parenja. „Drvna Industria" 1958; nr 1—2.

2. Czechowicz J.: Dokładność obliczenia wyników badania technicznych własności drewna „Prace ITB" 1951; nr 94.

3. Dworakowski J., Gonet B., Rzadkowski St.: Higrotermiczna obróbka drewna. „Poradnik Drzewiarza" Warszawa 1960.

4. Dziewanowski R.: Produkcja bukowych materiałów tartych Warszawa 1957.

5. Etuvage du Bois.: Institut National du Bois „Revue du Bois" 1949; 1.

6. Falck R., Lutz H.: Einfluss des Dämpfens und Druckdämpfens auf Laubhölzer, speziall auf Buchenholz. „Forstarchiv" 1929.

7. Fischer R. A., Yates F.: Statistical tables for biological, agricultural and medical research, London 1953.

8. Ghelmeziu H.: Priprietatille lemnului do fag si modificearile acestor in arma tratamentelor de protectis si smalioxare. „Industria Lemnului" 1958; nr 6 i 7.

9. Glazer T., Ławniczak M., Spława-Neuman' St.: Wpływ parowania drewna bukowego na jego rozkład przez grzyb Polystictus versicolor (L) Fr. „Prace Instytutu Technologii Drewna" 1958; nr 1 (14).

10. Gonet B.: Zmiany fizyko-chemiczne drewna w czasie parowania. „Przemysł Drzewny" 1957; nr 7.

11. Gonet, B. Krzysik F., Szmit J.: Wstępne badania wpływu parowania na przebieg wysychania i nasycania bukowych podkładów kolejowych. „Sylwan" 1960; nr 2.

12. Gonet B.: Plastifikacne parenie dreva. „Drevo" 1961; nr 4.

13. Gonet B.: Niektóre zagadnienia cieplne w procesie parzenia drewna. „Przemysł Drzewny" 1957; nr 6.

14. Iwanow I. M.: O dieformacijach i naprjażenijach w driewiesinie kak nieodnorodnom matieriale. „Trudy Instituta Lesa" 1949; t. 4.

15. Kollmann F.: Vorgänge und Änderungen von Holzeigenschaften beim Dämpfen. „Holz als Roh- und Werkstoff" 1939; nr 1.

16. Kollmann F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe.

Berlin — Göttingen — Heidelberg 1951, 1955.

17. Krzysik F.: Racjonalne wykorzystanie drewna bukowego. „Sylwan" 1951; nr 2.

18. Krzysik F.: Problem drewna bukowego, jego przerobu i zastosowania w przemyśle. „Sylwan" 1954; nr 3.

19. Krzysik F.: Nauka o drewnie. Warszawa 1957.

20. Kubinsky E.: Vplyv parenia na pracovanie bukoveho dreva. „Drevarsky vyskum. Bratislava 1956; nr 1-2.

21. Kubinsky E.: Parenie, ohybanie a susenie bukoveho dreva. „Buk ako priemyselne surovina" Bratislava 1960.

22. Koukal M.: Vliv pareni na kvalitu bukovych prażcu. „Drevo" 1955; nr 3.

23. Kuźniecow A. I.: Wnutriennyje naprjażenija w driewiesinie. Moskwa 1950.

24. Kübler H.: Längenanderungen bei der Wärmebehandlung frisches Holzes „Holz als Roh- u. Werkstoff" 1959; nr 3.

25. Ławniczak M.: Badania nad odkształceniami i relaksacją naprężeń w parowanym drewnie bukowym. „Prace Instytutu Technologii Drewna" 1958; nr 1 (14).

26. Ławniczak M., Zawada J.: Z badań wpływu ogrzewania w wodzie i parze wodnej drewna bukowego na zmiany jego wymiarów. „Folia Forestalia Polonica" 1961; seria B — Drzewnictwo, z. 3.

27. Mac Lean J. D.: Effect of temperature on the dimensions of green wood. „Am. Wood. Press. Assos. Chicago 1953.

28. Mayer-Wegelin H. u Zycha H.: Beobachtungen über Veränderung der Eigenschaften des Buchenholzes durch Einlagern in Wasser. „Holz als Roh- u. Werkstoff" 1944/45; nr 1/3.

29. Mirski St.: Z doświadczeń nad parowaniem drewna bukowego. „Przemysł Drzewny" 1958; nr 2.

30. Nadowski W.: Parowanie drewna bukowego. „Przemysł Drzewny" 1953; nr 12.

31. Nečesany V.: Udział strukturalnych elementów drewna bukowego w dynamice jego pęcznienia „Sylwan" 1961; nr 4.

32. Ogarkowa T. W.: Tiempieraturnyje dieformacji driewiesiny pri nagriewanii „Dieriewoobrabatywajuszczaja promyszlennost" 1956; nr 5.

33. Perkitny T., Wojciechowski E., Wnuk M.: Pękanie surowca bukowego. Analiza przyczyn i sposoby zapobiegania. Warszawa 1951.

34. Perkitny T., Ławniczak M., Marciniak H.: Über den Einfluss des Dämpfens auf den Quellungsdruck des Holzes. „Holz als Roh- und Werkstoff" 1959; nr 2.

34. Perkitny T., Helińska L.: Über den Einfluss gleichzeitiger Temperatur- und Feuchtigkeitsänderung auf die Verformungen des Holzes. „Holz als Roh- und Werkstoff" 1961; nr 1—9.

35. Perkitny T., Ławniczak M., Sobczyński B.: Über den Einfluss des Heisswässerns auf die irreversiblen Verformungen frisch gefällten Buchenholzes. „Holzindustrie" 1962; nr 4.

36. Plath E. i Plath L.: Papierchromatische Untersuchungen an Dampfkondesaten von Rotbuche. „Holz als Roh- u. Werkstoff" 1955; nr 6.

37. Plath E., Plath L.: Mikroskopische Untersuchungen über Dämpfen von Rotbuche. „Holz als Roh- und Werkstoff" 1957; nr 2.

38. Plath E., Plath L.: Dämpfen von Rundholz. „Holz als Roh- und Werkstoff". 1955; nr 6 i 1957; nr 7.

39. Runkel R. O. H.: Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz. „Holz als Roh- und Werkstoff" 1951; nr 2.

40. Runkel R. O. H., Wilke K. D.: Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz. „Holz als Roh- und Werkstoff" 1953; nr 12.

41. Runkel R. O. H., Witt H.: Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz. „Holz als Roh- und Werkstoff" 1953; nr 12.

42. Rzadkowski St.: Parowanie

tarcicy bukowej. „Las Polski" 1946; nr 3—4.

43. Schwalbe G. G., Ender W.: Zur Kenntnis des Dämpfens von Buchenholz. „Forstarchiv" 1934.

44. Strich I. A.: Priczyny dieformacii dietalej iz driewiesiny i sposoby jejo umniejszenija. „Dieriewoobrabatywajuszczaja promyszlennost" 1954; nr 3.

45. The Steaming and Seasoning of English Beach. Forest Products Research Laboratory. Princeses Rissboraugh Leaflet 1940; nr 16.

46. Walter W.: Die Formänderung des Buchenholzes beim Dämpfen. „Holz Zentralblatt" 1954; nr 140.

47. Weber E.: Grundriss der biologischen Statistik. Jena 1964.

48. Vorreiter L.: Die Holzquellung als Funktion mehrerer veränderlicher Faktoren, insbesondere der Temperatur und Holzabmessung. „Holz als Roh- und Werkstoff" 1955; nr 8.

49. Vorreiter L.: Holztechnologisches Handbuch. Wien 1949; B. 1, 1958; B. 2.

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ВРЕМЕНИ ПРОПАРКИ НА УСУШКУ И НАБУХАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ БУКА

Краткое содержание

Рациональная консервация буковых пиломатериалов является важной научной и технической проблемой. Одним из общеизвестных и издавна применяемых способов облагораживания, является пропарка буковых пиломатериалов.

Как в специалистической литературе (Фальк и Лютц, Швальбе и Эндер, Кольман, Гельмезиу, Гонет, Перкитны, Лавничак и Марциняк, а также работы институтов во Франции и Англии), так и в практике существуют различия во взглядах по оценке влияния пропарки на усушку и набухание древесины бука. Эти различия во взглядах являлись исходной точкой для исследовательской работы, целью которой было разъяснение этого вопроса.

Исследования проводились с материалом, подверженным пропарке в лабораторных условиях и в пропарочном заводском цехе. Лабораторная пропарка производилась в автоклаве с применением переменного давления и переменного времени пропарки. Продолжительность времени пропарки составляла 2, 4, 6 и т. д. до 16 часов. Для каждого времени пропарки применялось давление 0, 0,5, 1 и 2 ати. Продолжительность времени пропарки в заводском цехе составляла 54 часа. Результаты исследований разработано статистически.

В результате проведенных исследований, автор пришел к следующим выводам.

Совместно с ростом применяемого давления пропарки растет падение влажности древесины, зато влияние времени пропарки на падение влажности отчетливо не проявилось. Средняя влажность древесины после пропарки заключалась в пределах от 54 до 100%. В связи с этим, выра-

женное в литературе мнение, что древесина в свежем виде достигает после пропарки уровня влажности около 40%, не подтвердилось.

Под влиянием пропарки образцы деформируются, величины деформации в радиальном направлении являются отрицательными и составляют от —0,02 до —0,55%, а в тангентальном направлении — положительные и составляют от +0,64 до +1,42%.

Деформация древесины в результате пропарки объясняется автором падением ростовых напряжений, появляющихся в древесине бука.

Как было доказано лабораторными исследованиями, пропарка древесины вызывает повышение усушки и набухания древесины, причем рост усушки и набухания зависит от применяемого давления и продолжительности времени пропарки.

На основе проведенного статистического анализа, автором приводятся уравнения регрессии. Опираясь на этих уравнениях, можно констатировать, что с ростом времени пропарки на один час, растут, в интервале времени пропарки от 2 до 16 часов, полная удельная усушка и полное удельное набухание в тангентальном и радиальном направлениях в среднем на:

в области давления 0—1 ати — от 0,9 до 1,8%,
при давлении 2 ати — от 3,8 до 4,8%.

В общем, в области более низких давлений и более коротких периодов пропарки, существует бóльшая правильность изменений полной удельной усушки (набухания) под влиянием пропарки.

Исследования процесса высыхания и увлажнения древесины подверженной пропарке в заводском цехе и не подверженной пропарке показали, что:

а) древесина подверженная пропарке в общем быстрей высушивалась и усыхала, чем древесина не подверженная пропарке;

б) древесина подверженная пропарке в общем медленней увлажнялась и набухала, чем древесина не подверженная пропарке, т. е. происходило обратное явление, чем при высыхании. С практической точки зрения различия эти имеют небольшое значение.

Результаты исследований объясняются автором следующим образом. По исследованиям Нечесаного целлюлоза и холоцеллюлоза проявляют значительно бóльшие величины набухания, как и усушки, чем древесина. Лигнин зато действует тормозящим образом на набухание. Так как в процессе пропарки древесины лигнин подвергается пластификации и частичному выщелачиванию, то в этих условиях лучшую возможность усушки и набухания имеет, не подвергающаяся изменениям, целлюлоза. Чем более строгими являются параметры пропарки, тем больше степень пластификации и выщелачивания лигнина, а тем самым большее участие более усыхающей целлюлозы в древесине.

Вопреки существующим до настоящего времени взглядам, встречаемым на практике и в специалистической литературе, автор настоящей

работы приходит к выводу, что в промышленных условиях положительное влияние пропарки заключается не в уменьшении усушки или набухания, но ограничивается к падению напряжений, появляющихся в древесине. Поэтому автор считает, что пропарка ускоряет „созревание" древесины, получаемое в практике ремесленниками во время продолжительного хранения на складе пиломатериала, перед использованием его для производственных целей.

EINFLUSS DES DRUCKES UND DER DÄMPFZEIT AUF DIE SCHWINDUNG UND QUELLUNG VON BUCHENHOLZ

Zusammenfassung

Die rationelle Konservierung des Buchenschnittholzes ist ein wichtiges wissenschaftliches und technisches Problem. Eins der allgemein bekannten und seit langer Zeit üblichen Verfahren der Veredelung ist das Dämpfen des Buchenschnittholzes.

Sowohl in der Fachliteratur (Falck und Lutz, Schwalbe und Ender, Kollmann, Ghelmeziu, Gonet, Perkitny, Ławniczak i Marciniak, sowie die Arbeiten der Institute in Frankreich und England), als auch in der Praxis bestehen Meinungsverschiedenheiten bei der Beurteilung des Einflusses des Dämpfens auf die Schwindung und Quellung des Buchenholzes. Diese Meinungsverschiedenheiten waren Ausgangspunkt zur Unternehmung der Forschungsarbeit, die Aufklärung der in Rede stehenden Frage bezweckte.

Die Untersuchungen wurden mit in Laborbedingungen und in einer Fabrikdämpfanlage gedämpften Material durchgeführt. Das Labordämpfen erfolgte im Autoklav, wobei man den Druck und die Dämpfzeiten veränderte. Folgende Dämpfzeiten wurden verwendet: 2, 4, 6 usw. bis 16 Stunden. Für jede Dämpfzeit verwendete man den Druck von 0,5, 1 und 2 atü. In der Fabrikdämpfanlage betrug die Dämpfzeit 54 Stunden. Die Untersuchungsergebnisse wurden statistisch ausgewertet.

Im Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen ist der Verfasser zu nachstehenden Folgerungen gekommen.

Zusammen mit der Steigerung des verwendeten Dämpfdruckes verstärkt sich die Herabsetzung der Holzfeuchtigkeit, der Einfluss der Dämpfzeit auf die Herabsetzung der Feuchtigkeit dagegen ist nicht deutlich zum Vorschein gekommen. Die Mittelfeuchtigkeit des Holzes nach dem Dämpfen war in Grenzen von 54 bis 100% enthalten. Die in der Literatur geäusserte Anschauung, dass frisches Holz nach dem Dämpfen eine Feuchtigkeitshöhe von rund 40% erreicht, fand also keine Bestätigung.

Unter dem Einfluss des Dämpfens verformen sich die Proben, in der Radialrichtung weisen die Formänderungen Minuswerte auf, die von

—0,02 bis —0,55% betragen, in der Tangentialrichtung — Pluswerte von + 0,64 bis + 1,42%.

Die Formänderungen des Holzes infolge des Dämpfens erklärt der Verfasser mit der Entladung der im Buchenholz auftretenden Wuchsspannungen.

Aus den Laboruntersuchungen erfolgt, dass das Dämpfen des Holzes eine Steigerung seiner Schwindung und Quellung verursacht, wobei die Steigerung der Schwindung und Quellung von verwendetem Druck und von verwendeter Dämpfzeit abhängig ist.

Auf Grund der durchgeführten statistischen Analyse gibt der Verfasser Regressionsgleichungen an. Auf diese Gleichungen gestützt kann man das Folgende feststellen.

Mit der Steigerung der Dämpfzeit um eine Stunde im Intervall der Dämpfzeit von 2 bis 16 Stunden steigern sich die Einheitsgesamtschrumpfung und die Einheitsgesamtschwellung in der tangentialen und der radialen Richtung im Mittel um:

im Druckbereich 0—1 atü — von 0,9 bis 1,8%,
beim Druck 2 atü — von 3,8 bis 4,8%.

Im allgemeinen besteht bei niedrigeren Druckwerten und kürzeren Dämpfzeiten eine grössere Regelmässigkeit der Veränderungen der Einheitsgesamtschrumpfung (—schwellung) unter dem Einfluss des Dämpfens.

Untersuchungen über den Verlauf der Austrocknung und der Wasseraufnahme des in der Fabrikdämpfanlage gedämpften Holzes und des ungedämpften Holzes erwiesen, dass:

a) das gedämpfte Holz trocknete im allgemeinen schneller aus und schrumpfte schneller als das ungedämpfte Holz;

b) das gedämpfte Holz nahm im allgemeinen langsamer Wasser auf und schwellte langsamer als das ungedämpfte Holz, es trat also eine umgekehrte Erscheinung als bei der Austrocknung auf. Vom praktischen Standpunkt sind diese Unterschiede von kleiner Bedeutung.

Die Untersuchungsergebnisse erklärt der Verfasser folgenderweise. Den Untersuchungen von Nečesany nach weisen Zellulose und Holozellulose beträchtlich grössere Quellungswerte, also auch Schwindungswerte, als Holz auf. Lignin dagegen wirkt auf die Quellung hemmend ein. Da im Prozess des Holzdämpfens Lignin einer Plastifizierung und zum Teil einer Auslaugung erliegt, hat die den Veränderungen nicht erliegende Zellulose in diesem Bedingungen bessere Möglichkeiten der Schwindung und Quellung. Je schärfer die Parameter des Dämpfens sind, desto grösser ist der Grad der Ligninplastifizierung und -auslaugung, und damit grösser der Anteil der mehr schrumpfigen Zellulose im Holz.

Den bisherigen in der Praxis und in der Fachliteratur vertretenen Anschauungen entgegen kommt der Verfasser zum Schluss, dass der günstige Einfluss des Dämpfens in Industriebedingungen nicht auf einer Ver-

minderung der Schwindung bzw. der Quellung beruhe, sondern sich auf die Entladung der im Holz auftretenden Spannungen beschränke. Daher meint der Verfasser, dass das Dämpfen die „Reifung" des Holzes, die in der Handwerkerpraxis während langandauernder Lagerung des Schnittholzes vor seiner Verwendung zur Produktion erreicht wird, beschleunige.

TREŚĆ

Wstęp 129
I. Przegląd literatury 130
II. Cel i zakres pracy oraz założenia metodyczne 132
III. Badania w warunkach laboratoryjnych 134
1. Materiał badawczy i metodyka 134
2. Obliczenia 137
3. Analiza wyników badania 141
a. Zmiany wilgotności drewna pod wpływem parowania 141
b. Odkształcenia drewna pod wpływem parowania 142
c. Wpływ parowania na kurczliwość i pęcznienie drewna . . . 144
d. Wpływ parowania na zmianę stosunku jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku stycznym do jednostkowego skurczu całkowitego w kierunku promieniowym 159
e. Wpływ parowania na zmianę stosunku jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku stycznym do jednostkowego pęcznienia całkowitego w kierunku promieniowym 160
IV. Badania w warunkach produkcyjnych 161
1. Materiał badawczy i metodyka 161
2. Obliczenia 163
3. Analiza wyników badania 165
a. Zmiany wilgotności, kurczliwości i pęcznienia drewna pod wpływem parowania 165
b. Zmiany wilgotności parowanych i nie parowanych próbek w czasie wysychania i nawilżania 167
c. Zmiany jednostkowego skurczu częściowego i jednostkowego pęcznienia częściowego w kierunku promieniowym w czasie wysychania i nawilżania 168
d. Zmiany jednostkowego skurczu częściowego i jednostkowego pęcznienia częściowego w kierunku stycznym w czasie wysychania i nawilżania 169
V. Synteza wyników 170
Wnioski 172
Literatura 174
Краткое содержание 176
Zusammenfassung 178