

Jan Stefaniak

BADANIA NAD CIŚNIENIEM
PĘCZNIENIA DREWNA W WODZIE
Z ZASTOSOWANIEM METODY PRZYŚPIESZONEJ

ИССЛЕДОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ НАБУХАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ВОДЕ
С ПРИМЕНЕНИЕМ УСКОРЕННОГО МЕТОДА

INVESTIGATION ON SWELLING PRESSURE OF WOOD IN WATER
WITH THE APPLICATION OF ACCELERATED TEST METHOD

I. GENEZA ZAGADNIENIA I CEL BADAŃ

Siły adsorpcji, pod których wpływem drewno chłonie wodę, są większe aniżeli siły jego międzycząstkowego przyciągania. Wynikiem tej nadwyżki sił adsorpcji nad siłami kohezji cząstek substancji drzewnej jest pęcznienie drewna. Pęczniejące drewno zdolne jest tym samym do oddziaływania na swe otoczenie siłami, które wyznaczają ciśnienie pęcznienia drewna.

W niektórych podręcznikach technologii drewna (3, 45) ciśnienie pęcznienia określa się znanym w chemii fizycznej równaniem K a t z a

$$P = \frac{R T}{M v_0} \ln \frac{p_0}{p} \quad (1)$$

gdzie

- P — ciśnienie pęcznienia,
- R — stała gazowa,
- T — temperatura absolutna,
- M — ciężar cząsteczkowy pary,
- v_0 — objętość molowa pary,
- p_0 — ciśnienie rzeczywiste pary,
- p — ciśnienie pary nasyconej.

Równanie to przedstawia ciśnienie pęcznienia drewna jako ciśnienie hydrostatyczne, które zanika całkowicie dla $p_0 = p$, ponieważ $\ln 1 = 0$. Ponieważ ciśnienie rzeczywiste pary p_0 osiąga wartość ciśnienia pary nasyconej p w punkcie nasycenia włókien, to zgodnie z równaniem drewno

w punkcie nasycenia włókien nie powinno wykazywać ciśnienia pęcznienia.

Składniki równania odnoszą się wyłącznie do gazu (para wodna), pomijając całkowicie substancję pęczniącą. Równania nie można przyjmować z różnych powodów (1, 3) jako ścisłego teoretycznie. W. W. B a r k a s (1) analizując równanie wskazuje między innymi na brak w nim jakichkolwiek danych kierunkowych. Tymczasem błonę komórkową, a nawet poszczególne łańcuchy celulozy charakteryzują własności anizotropowe (19, 34, 35). Równanie zaś jako wyrażające ciśnienie pęcznienia przez ciśnienie hydrostatyczne (jednakowe we wszystkich kierunkach) nie może w sposób całkowicie ścisły określać ciśnienia pęcznienia substancji anizotropowej. Faktycznie więc daje ono tylko przybliżone wartości ciśnienia pęcznienia substancji drzewnej o wymiarze submikroskopowym.

Obliczone za pomocą równania (1) ciśnienie pęcznienia określa się w podręcznikach (3, 50) na około 1600 atmosfer.

Ciśnienie pęcznienia jest ciśnieniem zewnętrznym przekazywanym na otoczenie. Nie popełniając większego błędu można przyjąć, że właściwe ciśnienie pęcznienia łańcucha celulozowego lub wiązki łańcuchów jest w całości przekazywane na zewnątrz, gdyż krystalitowa budowa cząstki celulozy jest dostatecznie trudno ściśliwa, aby nie ulegać większym odkształceniom pod wpływem sił towarzyszących wciskaniu się cząsteczek wody pomiędzy miecele. W miarę jednakże pojawiania się obok celulozy innych związków tworzących substancję drzewną zanika początkowa jednorodność substancji, zmniejsza się jej zwartość, na skutek czego jej ciśnienie pęcznienia przekazywane na otoczenie musi być mniejsze od ciśnienia cząstek celulozy.

Bryłka drewna o wymiarze mikroskopowym ma już wyraźną strukturę porowatą utworzoną przez ułożone obok siebie różnorakie elementy anatomiczne, z których zbudowana jest tkanka drzewna. W tych elementach i między nimi występują liczne przestrzenie wypełnione powietrzem i sokami. Drewno zaczyna być coraz bardziej ściśliwe i tym samym niezdolne do przenoszenia na zewnątrz w całości tych sił, które towarzyszą pęcznieniu jego cząstek składowych o wymiarze submikroskopowym.

Zróznicowanie elementów anatomicznych wzrasta jeszcze w bryle drewna o wymiarze makroskopowym (słoje roczne, drewno wczesne i późne, biel, twarde), co oczywiście dodatkowo zmienia elementarne siły wywołujące pęcznienie drewna i staje się powodem, że ciśnienie pęcznienia bryły drewna wywierane na zewnątrz na otoczenie może stanowić tylko niewielki ułamek tego dużego ciśnienia obliczanego dla cząstek celulozy równaniem (1).

Równanie (1) może więc służyć do teoretycznych obliczeń ciśnienia pęcznienia drewna o wymiarze submikroskopowym, ale traci całkowicie

zastosowanie do określania ciśnienia pęcznienia drewna o wymiarze mikroskopowym i makroskopowym.

Ciśnienie pęcznienia drewna o wymiarze submikroskopowym i mikroskopowym stanowi raczej przedmiot badań chemii fizycznej nad ciałami wielkocząsteczkowymi i ma głównie znaczenie teoretyczne. Ciśnienie pęcznienia bryły drewna, a więc ciśnienie pęcznienia drewna o wymiarze makroskopowym ma natomiast duże znaczenie techniczne (13, 19, 25).

W nowszych podręcznikach nauki o drewnie i technologii drewna (3, 8, 9, 13, 21, 31, 43, 45, 46, 47, 49) można znaleźć zaledwie szczupłe wzmianki o ciśnieniu pęcznienia drewna, przy czym z reguły są to ogólniki dotyczące ciśnienia pęcznienia wyłącznie drewna o wymiarze submikroskopowym, bazujące na przedstawionym równaniu (1). F. Kollmann w swoim podręczniku (13) pisze nawet, że nie prowadzi się bezpośrednich pomiarów ciśnienia pęcznienia zarówno celulozy, jak i drewna, jednakże należałoby to uczynić.

Dopiero w najnowszym podręczniku nauki o drewnie F. Krzysika (19) autor omawia obszerniej ciśnienie pęcznienia w odrębnym rozdziale i podaje dane uzyskane przez T. Perkitnego (25) w bezpośrednich badaniach nad ciśnieniem pęcznienia drewna w postaci bryły.

Poza podręcznikami istnieje jednakże szereg publikacji (6, 10, 11, 17, 25, 27, 42, 44) i prac niepublikowanych (12, 18, 24, 33), zajmujących się ciśnieniem pęcznienia drewna. Przedmiotem badań tych prac jest wyłącznie ciśnienie pęcznienia drewna o wymiarze makroskopowym¹.

A. A. Sołncew (10) i I. D. Graczev (10), jedni z pierwszych autorów badających ciśnienie pęcznienia drewna, posługują się mało dokładnymi sposobami pomiaru. Te prymitywne i niedokładne sposoby nie znalazły zastosowania w żadnej z późniejszych prac nad ciśnieniem pęcznienia drewna.

Jeśli chodzi o metody pomiaru ciśnienia pęcznienia drewna zastosowane w nowszych pracach, to trzeba wymienić 3 metody. Są to:

- 1) metoda zastosowana po raz pierwszy przez T. Perkitnego,
- 2) metoda zastosowana po raz pierwszy przez J. M. Iwanowa,
- 3) metoda zastosowana po raz pierwszy przez H. Tarkowa i D. Turnera.

Metoda T. Perkitnego jest najstarsza. W publikacji opisującej tę metodę (25) T. Perkitny na podstawie rozważań teoretycznych o pęcznieniu i energii pęcznienia drewna o wymiarze submikroskopowym, mikroskopowym i makroskopowym podaje ściśle teoretyczną definicję ciśnienia pęcznienia bryły drewna. Brzmi ona: „jako teoretyczne, idealne ciśnienie pęcznienia pewnej bryły drewna w chwili nawilżania t należy

¹ W pracach tych terminem ciśnienie pęcznienia drewna określa się wyłącznie ciśnienie pęcznienia drewna o wymiarze makroskopowym. W pracy niniejszej termin ten postanowiono zachować. Stąd w dalszym ciągu pracy przez ciśnienie pęcznienia drewna należy rozumieć ciśnienie pęcznienia bryły drewna.

uważać to ciśnienie, które bryła wywiera w chwili t na swe otoczenie przy całkowitym stłumieniu jej pęcznienia¹ lub — co na to samo wychodzi — to ciśnienie, które w chwili nawilżania t należy z zewnątrz wyrzucić na drewno, by wszelkie, zarówno zewnętrzne, jak i wewnętrzne odkształcenia higroskopijne bryły w stosunku do jej stanu zupełnie suchego równały się zeru“. Autor definicji dodaje, że przez całkowite stłumienie pęcznienia należy przy tym rozumieć nie tylko stłumienie wzrostu objętości bryły i wzrostu objętości jej ścian komórkowych, lecz także mechaniczne stłumienie procesu rozsuwania micel, a więc stłumienie odkształceń drewna pod wpływem sorpcji na poziomie submikroskopowym. Godząc się z faktem, że o wypełnieniu tego na wskroś teoretycznego warunku w rzeczywistości nie może być mowy, autor podaje jeszcze cztery definicje, w których stopniowo łągodzi warunki teoretyczne pierwszej definicji, niemożliwe względnie trudne w realizacji technicznej. Autor bierze pod uwagę możliwość mechanicznego hamowania zewnętrznego pęcznienia bryły drewna jednocześnie we wszystkich kierunkach, w dwóch i w jednym kierunku. Analogicznie do tych sposobów mechanicznego hamowania pęcznienia autor definiuje ciśnienie pęcznienia drewna. Za najbardziej doniosłe ze względów technicznych, co podkreślają również inni autorowie (10, 11, 19, 33), uważa jednak to ciśnienie pęcznienia, które pojawia się przy mechanicznym hamowaniu pęcznienia w jednym kierunku bryły, mimo że odzwierciedla ono tylko ułamek całkowitej energii pęcznienia zawartej w drewnie. To jednokierunkowe ciśnienie pęcznienia drewna T. Perkitny przyjął nazywać ciśnieniem pęcznienia drewna i zdefiniował je następująco: przez jednokierunkowe ciśnienie pęcznienia, czyli przez ciśnienie pęcznienia pewnej bryły drewna w chwili nawilżania t należy rozumieć to ciśnienie, które w chwili nawilżania t należy wyrzucić z zewnątrz w kierunku l na bryłę, by wszelkie wymiary bryły równoległe do kierunku l w stosunku do ich stanu w chwili rozpoczęcia nawilżania t_0 pozostały niezmiennie.

Metoda zastosowana przez T. Perkitnego polega na realizowaniu tej definicji. Jako źródło ciśnienia mechanicznego wywieranego z zewnątrz na bryłę drewna w kierunku l autor zastosował maszynę probierczą. Jako przyrząd kontrolujący wymiar l bryły zastosował mikromierz tarczowy.

T. Perkitny w swej pracy (25) opisującej przedstawioną metodę oprócz rozważań teoretycznych o ciśnieniu pęcznienia podaje jeszcze wyniki całego szeregu badań z zakresu ciśnienia pęcznienia drewna.

Przedmiotem tych badań były:

1) kinematyka ciśnienia pęcznienia na tle procesu swobodnego pęcznienia i nawilżania się drewna,

¹ Przez stłumienie pęcznienia autor tej pracy określa mechaniczne hamowanie pęcznienia drewna.

2) wpływ na ciśnienie pęcznienia drewna:

- a) kierunku pomiaru,
- b) gatunku drewna,
- c) wielkości i kształtu próbek,
- d) stref anatomicznych,
- e) wilgotności początkowej,
- f) uprzedniego swobodnego spęcznienia,
- g) dodatkowych przeszkód w pęcznieniu (sklejka, drewno w kłamarach).

Badania te ze względu na rozległą tematykę przeprowadzono jednak na stosunkowo szczupłym materiale doświadczalnym (od 2 do 3 prób na jedną wartość).....

Praca T. Perkitnego jest nie tylko pierwszą wykazywaną przez literaturę poważną pracą nad ciśnieniem pęcznienia drewna, ale jednocześnie naświetla cały wachlarz problemów związanych z tym zagadnieniem.

Posługując się metodą zapoczątkowaną przez T. Perkitnego wykonano w Polsce szereg prac badawczych. Przedmiotem badań tych prac było: ciśnienie pęcznienia drewna wielkowymiarowego (42), drewna litego i sprasowanego (18), drewna zanurzonego w cieczach nieorganicznych i organicznych (12), płyt wiórowych, stolarskich, pilśniowych i sklejki (17) oraz wpływ parowania (27) i różnej temperatury środowiska nawilżającego (24) na ciśnienie pęcznienia drewna.

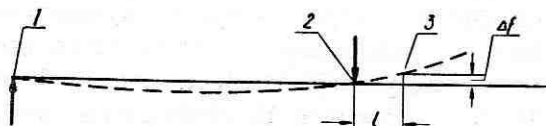
J. M. Iwanow w swych publikacjach (10, 11) terminem ciśnienie pęcznienia określa wyłącznie ciśnienie pęcznienia drewna w jednym kierunku.

Metoda zastosowana przez J. M. Iwanowa polega na pomiarze siły pęcznienia drewna przez kontrolę odkształceń sprężystych pręta stalowego. W tym celu J. M. Iwanow zastosował przyrząd dźwigniowy z jedną dźwignią dwuramienną.

Schemat układu działających sił w urządzeniu J. M. Iwanowa przedstawia rys. 1.

Jak wynika z opisu w literaturze i z rys. 1 metoda J. M. Iwanowa zakłada dość znaczne trwałe odkształcenie Δf próbki, powstałe na skutek spęcznienia. Praca tego pęcznienia musi zużywać pewną część energii pęcznienia drewna.

Analiza dokładności metody przeprowadzona przez J. M. Iwanowa



Rys. 1. Schemat układu sił w urządzeniu J. M. Iwanowa: 1 — punkt podparcia dźwigni, 2 — punkt usztywnienia dźwigni, 3 — miejsce pomiaru odkształceń próbki, Δf — odkształcenie próbki od początkowego wymiaru, l — odległość określająca położenie próbki względem punktu usztywnienia dźwigni

(11) i J. Raczkowskiego (33) wykazała, że ze wzrostem wartości Δf i l (rys. 1) uzyskiwane wartości ciśnienia pęcznienia drewna maleją. J. Raczkowski wykazał, że przy $\Delta f = 0,4 a_{max}^1$ ciśnienie pęcznienia określane sposobem J. M. Iwanowa wynosi około połowy wartości ciśnienia uzyskiwanej przy $\Delta f = \frac{1}{30} a_{max}$. Dlatego też przy posługiwaniu się metodą J. M. Iwanowa należy jak najbardziej skrócić odległość l , aby uzyskiwać jak najmniejsze Δf (wielkości te są wprost proporcjonalne).

Literatura wykazuje 4 prace o ciśnieniu pęcznienia drewna, w których zastosowano metodę J. M. Iwanowa. W dwóch z nich (10, 11) J. M. Iwanow przedstawia swoje badania nad ciśnieniem pęcznienia. Badania te tematycznie mieszczą się w badaniach T. Perkitnego, poza niektórymi problemami, które dotyczą dokładności metody stosowanej przez J. M. Iwanowa. Zajmuje się on także ciśnieniem pęcznienia drewna w cieczach nieorganicznych i organicznych oraz dąży do określenia ciśnienia pęcznienia drewna wczesnego i późnego.

Badania J. M. Iwanowa charakteryzuje rozległość tematyczna, ale poparte są znikomą liczbą prób doświadczalnych. J. Raczkowski natomiast swoją pracę (33) opiera na obfitym materiale doświadczalnym (około 2000 próbek z 17 gatunków drewna). W swych szczegółowych badaniach zajmuje się on głównie zależnością ciśnienia pęcznienia od niektórych własności fizycznych i mechanicznych drewna, anizotropią ciśnienia pęcznienia oraz ciśnieniem pęcznienia drewna w różnych cieczach. Przedmiotem badań w szczupłej pracy W. M. Czericzowej (6) było ciśnienie pęcznienia płyt wiórowych.

H. Tarkow i D. Turner (44) rozpatrują ciśnienie pęcznienia drewna jako zjawisko termodynamiczne. Przytaczając dowody teoretyczne o zasadach wzajemnego oddziaływania układu woda — drewno stwierdzają, że pomiar ciśnienia pęcznienia teoretycznego byłby możliwy przez określenie minimum ciśnienia hydrostatycznego, które należy zastosować aby całkowicie zapobiec spęcznieniu drewna. Doświadczalne określenie tego teoretycznego ciśnienia pęcznienia drewna jest jednakże — według H. Tarkowa i D. Turnera — bardzo trudne. Ostatecznie więc zrezygnowali oni z ciśnienia hydrostatycznego, a zastosowali ciśnienie mechaniczne, za pomocą którego oznaczyli tylko względne ciśnienie pęcznienia drewna, a nie teoretyczne².

¹ a_{max} — stopień maksymalnego liniowego spęcznienia drewna.

² W pracy swej H. Tarkow i D. Turner nie objaśniają bliżej terminów względnego i teoretycznego ciśnienia pęcznienia. Z treści publikacji wynika jednakże, że jako względne ciśnienie pęcznienia przyjmują to ciśnienie, które pęczniejąca bryła drewna przekazuje rzeczywiście na swe zewnętrzne otoczenie. Za teoretyczne zaś ciśnienie pęcznienia przyjmują to ciśnienie, które bryła mogłaby przekazać na zewnątrz, gdyby nie była ściśliwa na skutek swej niejednorodnej i porowatej budowy, a więc ciśnienie dające się w przybliżeniu określić równaniem (1) K a t z a.

Metoda ich polega na zastosowaniu stalowego cylindra jako urządzenia mechanicznie hamującego pęcznienie drewna i tensometru elektrycznego typu SR-4 do pośredniego określenia sił towarzyszących pęcznieniu drewna.

Metoda ta nie zezwala na jednoczesne mechaniczne zahamowanie zewnętrznego pęcznienia drewna we wszystkich kierunkach.

Wszystkie przedstawione metody zmierzają do określenia ciśnienia, które pęczniąca bryła drewna może wywierać na zewnątrz na swe otoczenie. Żadna z metod przy tym nie określa całkowitego ciśnienia, które pęczniąca drewno może przejawiać na zewnątrz, lecz tylko jego część. Fakt ten jest całkowicie uzasadniony przede wszystkim potrzebami technologii użytkowania drewna, co obszernie i wyczerpująco omawia literatura (19, 25, 33), a także trudnościami technicznymi, jakie wiążą się z określeniem całkowitego ciśnienia pęcznienia drewna przekazywanego na zewnątrz. Oznaczanie częściowego, to jest w tym wypadku kierunkowego ciśnienia pęcznienia drewna można porównać z oznaczeniem liniowego pęcznienia, które w przeciwieństwie do pęcznienia objętościowego jest powszechnie stosowane dla technicznej charakterystyki drewna.

Z podawanego w literaturze opisu metod, jak i z przedstawionego zakresu badań wykonanych nimi wynika, że mogą one służyć do oznaczenia ciśnienia pęcznienia zarówno drewna litego, jak i tworzyw drzewnych. Przedstawiony zakres badań wykazuje, że jako środowisko nawilżające drewno, dla którego określano ciśnienie pęcznienia, stosowano:

- 1) wodę,
- 2) wilgotne powietrze o względnej wilgotności zbliżonej do 100%,
- 3) cieczy nieorganiczne i organiczne,

a więc praktycznie wszystkie środki mogące wywołać zjawisko ciśnienia pęcznienia drewna. Wiadomo, że drewno wykazuje inne współczynniki pęcznienia na skutek kontaktu z wodą i inne pod wpływem związków nieorganicznych i organicznych (19, 23, 33). Jeśli jednak chodzi o współczynniki pęcznienia drewna nawilżanego przez zanurzenie w wodzie i przez umieszczenie w wilgotnym powietrzu to wiadomo, że są one takie same (22). Tymczasem w Katedrze Mechanicznej Technologii Drewna Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu przypadkowo i dość nieoczekiwanie stwierdzono, że ciśnienie pęcznienia drewna zanurzonego w wodzie i umieszczonego w wilgotnym powietrzu nie jest jednakowe. J. R a c z k o w s k i zaś doświadczalnie potwierdził (33), że ciśnienie pęcznienia zupełnie suchego drewna bielu sosnowego umieszczonego w powietrzu o względnej wilgotności około 100% jest około 30% wyższe od ciśnienia pęcznienia drewna zanurzonego w wodzie.

Jak wynika z powyższych rozważań, w zależności od kierunku zastosowanego mechanicznego hamowania pęcznienia, ciśnienie pęcznienia należy rozróżniać jako: jednokierunkowe, dwukierunkowe i objętościowe.

Ze względu zaś na środowisko nawilżające drewno należy rozróżnić ciśnienie pęcznienia powstające przy zanurzeniu w cieczy oraz przy umieszczeniu w atmosferze przesyconej parami cieczy.

Ciśnienie pęcznienia drewna, podobnie jak pęcznienie, nie jest wartością stałą, lecz zmienną, którą można przedstawić jako funkcję czasu nawilżania, funkcję wilgotności i funkcję spęcznienia drewna.

Każdą z tych funkcji poddawano badaniom wszystkimi metodami. Z punktu widzenia potrzeb oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna bardzo niekorzystnie układa się pierwsza z tych funkcji. Ciśnienie pęcznienia bowiem osiąga swoje maksimum po upływie stosunkowo długiego czasu. W przypadku nawilżania drewna przez zanurzenie w wodzie czas ten wynosi od kilkunastu minut dla szybko nawilżającego się drewna bielu sosnowego, do kilkunastu godzin dla drewna dębowego. Oczywiście w wypadku zastosowania nawilżania drewna przez umieszczenie w wilgotnym powietrzu czas wystąpienia maksimum ciśnienia jeszcze bardziej się wydłuża i dochodzi do kilkunastu czy kilkudziesięciu dni. Podobnie długiego okresu potrzeba do wystąpienia maksimum swobodnego spęcznienia drewna i osiągnięcia pełnej sorpcji w drewnie. Tak długi czas obserwacji poświęcony jednej próbce drewna stanowi wielką niedogodność w pracy badawczej i jest prawie nie do przyjęcia w przypadkach określania własności drewna na użytek praktyki. O trudnościach badawczych wynikających z konieczności poświęcenia zbyt długiego czasu obserwacji jednemu tylko doświadczeniu z drewnem pisze F. Kollmann w swych najnowszych pracach o sorpcji drewna (15, 16) i opowiada się za stosowaniem metod przyspieszonych. Trudności związane z długim czasem potrzebnym do wystąpienia zarówno maksimum swobodnego spęcznienia, jak i pełnej sorpcji drewna, w praktyce laboratoryjnej pokonuje się najczęściej przez równoległą obserwację kilku czy kilkunastu próbek. Pomiar ciśnienia pęcznienia, w przeciwieństwie do pomiaru swobodnego pęcznienia i sorpcji drewna, wymaga stosowania złożonej i dość kosztownej aparatury, która zajmuje dość dużo miejsca. Tym samym więc jednoczesne obserwowanie pęcznienia kilku próbek jest trudne w realizacji.

Ciśnienie pęcznienia poza tym ma charakter bardziej zbliżony do własności mechanicznych drewna aniżeli do fizycznych (33). Z tego też powodu technika oznaczania ciśnienia pęcznienia powinna mieć znamiona techniki oznaczania wytrzymałości doraźnej, odznaczającej się krótkim czasem trwania próby.

Długi czas trwania próby określania ciśnienia pęcznienia drewna dotychczas stosowanymi metodami, jak i trudności związane z powiększeniem liczby prób przeprowadzanych równocześnie stanowią prawdopodobnie między innymi przyczynę stosunkowo niewielkiej liczby badań poświęconych temu zagadnieniu. Wydaje się więc wskazane opracowanie metody przyspieszonego oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna.

Tematyka badań nad ciśnieniem pęcznienia drewna, jak wykazują przytoczone prace, nie obejmuje wszystkich, interesujących zarówno naukę, jak i praktykę problemów tego zagadnienia.

Jako jeden z głównych problemów nie objętych dotychczas badaniami należy wymienić ciśnienie pęcznienia drewna wzdłuż włókien. T. Perkitny w swojej pracy (25) wspomina co prawda o ciśnieniu pęcznienia drewna wzdłuż włókien i przytacza nawet wyniki badań trzech próbek bielu sosnowego. Szczupłe te wzmianki mają jednak tylko charakter orientacyjny. Sygnalizują one potrzebę dalszych badań w tym kierunku.

Jako jeden z ważniejszych problemów objętych już badaniami przez polski ośrodek badań nad ciśnieniem pęcznienia drewna, ale wymagający uzupełnienia i rozszerzenia badań, trzeba wymienić ciśnienie pęcznienia ważniejszych krajowych gatunków drewna w poprzek włókien. Jedyne bowiem badania T. Perkitnego na ten temat przeprowadzono, jak już wspomniano, na stosunkowo szczupłym materiale doświadczalnym.

Przedstawiony stan badań nad ciśnieniem pęcznienia drewna, uwarunkowany niewątpliwie wielce czasochłonnymi metodami jego określania, a także znaczenie praktyczne tego zagadnienia spowodowały, że za cel niniejszej pracy przyjęto:

- 1) opracowanie metody przyśpieszonego oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna w wodzie.
- 2) przeprowadzenie badań nad wpływem na ciśnienie pęcznienia gatunku drewna oraz kierunku anatomicznego ze szczególnym uwzględnieniem kierunku wzdłuż włókien.

II. METODYKA BADAŃ

Za przedmiot badań przyjęto jednokierunkowe ciśnienie pęcznienia drewna ze względu na jego duże znaczenie techniczne. Jako środowisko nawilżające drewno przyjęto wodę.

W dalszym ciągu pracy przez ciśnienie pęcznienia należy więc rozumieć jednokierunkowe ciśnienie pęcznienia bryły drewna zanurzonej w wodzie.

Podstawowe problemy pracy wymagały przeprowadzenia oznaczeń ciśnienia pęcznienia drewna oraz wilgotności i spęcznienia drewna.

1. Metodyka oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna

Rozważania dotyczące opracowania nowej metody. Zgodnie z głównym celem pracy metoda powinna zezwalać na oznaczanie ciśnienia pęcznienia drewna w sposób szybki, praktyczny i naukowo ścisły.

Jak już wspomniano, ciśnienie pęcznienia drewna C_p jest wartością zmienną uzależnioną między innymi od czasu nawilżania drewna t i od wilgotności drewna W , a więc

$$C_p = f(t); C_p = f(W).$$

Wilgotność drewna, dla którego oznacza się C_p , można przedstawić jako funkcję czasu

$$W = f(t).$$

Jeśli więc funkcją tego samego czasu nawilżania t są jednocześnie ciśnienie pęcznienia drewna C_p i wilgotność drewna W , to skrócenie czasu trwania próby pomiaru ciśnienia pęcznienia drewna wiąże się ze skróceniem czasu nawilżania drewna do wilgotności W potrzebnej do wystąpienia ciśnienia pęcznienia drewna C_p .

Przenikanie cieczy w głąb drewna jest zjawiskiem złożonym i według A. J. Stamma (38, 39) rozwiązany tylko fragmentarycznie. Opinię A. J. Stamma potwierdza zresztą studiowanie aktualnej literatury (np. 4, 5, 13, 16, 19, 20, 36, 37, 40). Przemieszczanie się wilgoci pośród labiryntu kapilar i por bryły drewna może odbywać się w drodze przepływu kapilarnego i dyfuzji zarówno cieczy, jak i gazu. Woda adsorpcyjna przemieszcza się w drewnie zarówno w przepływie kapilarnym na skutek różnicy napięć w meniskach kapilar, jak i w wyniku dyfuzji na skutek różnic wilgotności i cząstkowego ciśnienia. Woda wolna przemieszcza się zasadniczo w przepływie kapilarnym, chociaż według F. Kollmanna (13) czysty przepływ kapilarny wody w takim materiale jak drewno, gdzie między kapilarami występują przestrzenie wypełnione powietrzem, jest niemożliwy. Oddziaływanie sił kapilarnych musi być wspomagane procesem dyfuzji i odwrotnie. Istnieje więc wzajemna zależność między przepływem kapilarnym i dyfuzją cieczy. Przy suszeniu drewna przyjmuje się raczej, że zjawiskiem dominującym jest dyfuzja. Nie ulega wątpliwości, że również przy nawilżaniu drewna dyfuzja odgrywa dużą rolę. Bez względu jednakże na zakres i kolejność oddziaływania dyfuzji i przepływu kapilarnego w procesie przemieszczania się wilgoci do micel, cały proces przenikania wilgoci w głąb drewna znajduje się pod wpływem działania czynników warunkujących mechanikę ciał ciekłych i gazowych (głównie pod wpływem temperatury i ciśnienia). Czynniki te będą między innymi decydowały o szybkości przebiegu procesu nawilżania się drewna.

Wyniki prac J. Raczkowskiego (33) oraz K. Nowaka i H. Marciniaka (24) doświadczalnie wykazują niemożliwość zastosowania temperatury jako czynnika skracającego czas próby określania ciśnienia pęcznienia drewna, głównie ze względu na uplastyczniające oddziaływanie temperatury na drewno.

Jeśli ciecz otaczająca drewno znajdzie się pod podwyższonym ciśnieniem, to wnika ona do drewna w większej ilości i w krótszym czasie

aniżeli w warunkach wyrównanego ciśnienia w drewnie i cieczy. Zjawisko to wykorzystywane jest na przykład w konserwacji drewna. Tym samym dla skrócenia czasu potrzebnego do osiągnięcia przez drewno określonej wilgotności należy spowodować różnicę między ciśnieniem panującym w cieczy nawilżającej a ciśnieniem w drewnie. Uzyskanie takiej różnicy (gradientu) ciśnień jest możliwe:

- 1) przez zachowanie w drewnie ciśnienia atmosferycznego, zalanie drewna cieczą i wywarcie na nią ciśnienia wyższego aniżeli atmosferyczne;
- 2) przez wywołanie w drewnie podciśnienia, zalanie drewna cieczą i działanie na nią ciśnieniem atmosferycznym;
- 3) przez wywołanie w drewnie podciśnienia, zalanie drewna cieczą i działanie na nią ciśnieniem wyższym aniżeli atmosferyczne;
- 4) przez wywołanie w drewnie podciśnienia, zalanie drewna cieczą i utrzymywanie podciśnienia.

W pierwszym przypadku, powietrze zamknięte w kapilarach i porach drewna ulega zagęszczeniu pod naporem cieczy, co wpływa hamująco na jej przenikanie w głąb drewna. Trudność tę można oczywiście pokonać za pomocą odpowiednio podwyższonego ciśnienia, ale nie ulega wątpliwości, że wewnętrzne, wypełnione ściskaniem powietrzem partie drewna osiągną daną wilgotność później niż partie zewnętrzne.

Wywołanie w drewnie podciśnienia przy jednoczesnym oddziaływaniu na ciecz ciśnieniem atmosferycznym (sposób drugi) usuwa niedogodności pierwszego przypadku. Przez usunięcie bowiem powietrza z drewna, likwiduje się opór, jaki stawia ono wnikałej cieczy. W miarę wzrostu podciśnienia maleje opór powietrza i wzrasta gradient ciśnienia, co prowadzi do coraz szybszego wnikania cieczy do drewna i do jej coraz bardziej równomiernego rozmieszczenia na przekrojach drewna.

Trzeci sposób, polegający na stosowaniu podciśnienia i nadciśnienia jest w istocie swej podobny do drugiego z tym, że operuje się większym gradientem ciśnienia, przez co uzyskuje się większe przyspieszenie wnikania cieczy.

Czwarty sposób ułatwia wnikanie cieczy do drewna przez usunięcie oporu stawianego przez powietrze, ale z braku gradientu ciśnienia wnikanie cieczy w głąb drewna musi być wolniejsze aniżeli w przypadkach drugim i trzecim.

Sposoby pierwszy, trzeci i czwarty mają wspólną, bardzo istotną wadę, którą jest utrzymywanie nadciśnienia względnie podciśnienia podczas nawilżania drewna, co musi mieć wpływ na mierzoną wartość ciśnienia pęcznienia (33).

Za pomiar ciśnienia pęcznienia drewna mający naukową ścisłość można przyjąć pomiar, w którym wyrażenie $C_p = f(t)$ odpowiadające pomiarowi w warunkach ciśnienia atmosferycznego zmieni się na $C_p = f(t')$, a nie na $C'_p = f(t')$.

Przeprowadzona analiza sposobów skracających czas potrzebny do osiągnięcia przez drewno określonej wilgotności wykazuje, że ścisłym pod względem naukowym może być jedynie pomiar ciśnienia pęcznienia drewna, w którym zastosuje się sposób drugi polegający na wywołaniu w drewnie podciśnienia, zalaniu drewna cieczą i działaniu na nią ciśnieniem atmosferycznym. Korzystny on jest również ze względów technicznych, gdyż przewiduje stosowanie podciśnienia tylko przez stosunkowo krótki okres czasu. Z tych względów przyjęto go stosować.

Zastosowanie przyjętego sposobu do pomiaru ciśnienia pęcznienia drewna wymagało jeszcze opracowania odpowiedniej techniki mechanicznego hamowania pęcznienia, która zezwalałaby na dokładne określenie sił powodujących pęcznienia drewna. W tym kierunku wykorzystano sposoby mechanicznego hamowania stosowane w dotychczasowych metodach oznaczania ciśnienia pęcznienia, a więc sposoby zastosowane w metodach T. Perkitnego i J. M. Iwanowa. Stopień zahamowania pęcznienia, który można wyrazić przez porównanie wymiaru próbki l przed rozpoczęciem pomiaru ciśnienia pęcznienia i wymiaru l_1 próbki w chwili wykazania przez drewno maksimum ciśnienia pęcznienia przedstawia się w metodzie zastosowanej przez T. Perkitnego jako $l_1 = l$. Między rozpoczęciem a ukończeniem procesu hamowania dochodzi jednakże kilkakrotnie do zwiększenia wymiaru próbki o przejściowe odkształcenie $\Delta l = 0,01$ mm. Stopień zahamowania pęcznienia w metodzie J. M. Iwanowa przedstawia się jako $l_1 > l$. Nierówność ta musi być przy tym dość znaczna, aby możliwe było określenie sił pęcznienia. J. Raczkowski stosując metodę J. M. Iwanowa dążył do jak największego zmniejszenia tej nierówności, ale najmniejsza wartość, jaką ostatecznie stosował, wynosiła $l_1 - l = \frac{1}{30} \alpha_{max}$ (dla drewna bielu sosnowego w kierunku stycznym). Trudno przyjąć za literaturą (33), że n -krotnie zachodzące w metodzie T. Perkitnego zwiększenie wymiaru l próbki o $\Delta l = 0,01$ mm stanowi niedokładność w hamowaniu pęcznienia drewna o wielkości $n \cdot \Delta l$ zbliżonej do $l_1 - l$ w metodzie J. M. Iwanowa. Za bardziej zbliżony do zupełnego hamowania pęcznienia trzeba przyjąć niewątpliwie sposób zastosowany w metodzie opracowanej przez T. Perkitnego, chociażby z tego względu, że przejściowe odkształcenie Δl próbki można zmniejszyć z $\Delta l = 0,01$ mm na $\Delta' l < 0,01$ mm, a sumę ich wyrazić jako $n \cdot \Delta' l$. Ponieważ zaś odkształcenie sumaryczne $l_1 - l$ próbki w metodzie J. M. Iwanowa trudno zmniejszyć bardziej, aniżeli to uczynił J. Raczkowski, więc $n \cdot \Delta' l < l_1 - l$. Z tego też głównie powodu przy przyśpieszonym pomiarze ciśnienia pęcznienia drewna zdecydowano się stosować hamowanie pęcznienia za pomocą maszyny wytrzymałościowej, podobnie jak w metodzie T. Perkitnego.

Na podstawie tych rozważań metoda przyśpieszonego określania ciśnie-

nia pęcznienia drewna zanurzonego w cieczy powinna w przybliżeniu polegać na wykonywaniu następujących czynności:

1) umieszczenie prostopadłościennej próbki w płaskodennym naczyniu zdolnym do utrzymania podciśnienia i zezwalającym na obciążenie próbki w maszynie wytrzymałościowej;

2) umieszczenie naczynia wraz z próbką w maszynie wytrzymałościowej i wstępne obciążenie próbki w obserwowanym kierunku k niewielką siłą, zapewniającą dokładne przyleganie próbki do podpory i napory w maszynie wytrzymałościowej;

3) ustawienie nad próbką czujnika o dokładności wskazań większej od 0,01 mm w ten sposób, aby wykazywał zmiany wymiaru próbki w kierunku k ;

4) wywołanie w naczyniu z próbką optymalnego podciśnienia;

5) zalanie próbki cieczą i natychmiastowe zlikwidowanie podciśnienia;

6) hamowanie pęcznienia próbki w kierunku k objawiającego się przyrostem wymiaru Δl wskazywanym przez czujnik; hamowanie powinno następować przez dokładne równoważenie sił pęcznienia za pomocą maszyny wytrzymałościowej zawsze w momencie, gdy powodują one przyrost wymiaru próbki o wartość $\Delta l < 0,01$ mm;

7) odciążenie próbki w chwili, gdy czujnik wskaże zmniejszenie się wymiaru próbki o wartość Δl .

Największą siłę (odczytaną na siłomierzu maszyny wytrzymałościowej) równoważącą siły pęcznienia drewna należy przyjąć za podstawę do obliczenia maksymalnego ciśnienia pęcznienia próbki.

W ten sposób ogólnie opracowana metoda przyspieszonego oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna budzi jednakże pewne zastrzeżenia, jeśli chodzi o spełnienie postawionego warunku ścisłości naukowej. Dla wyjaśnienia tych zastrzeżeń niezbędne jest przeprowadzenie prób doświadczalnych nad wpływem wielkości podciśnienia na ciśnienie pęcznienia oraz nad wpływem wielkości odkształceń przejściowych drewna podczas określania ciśnienia pęcznienia na jego ciśnienie pęcznienia.

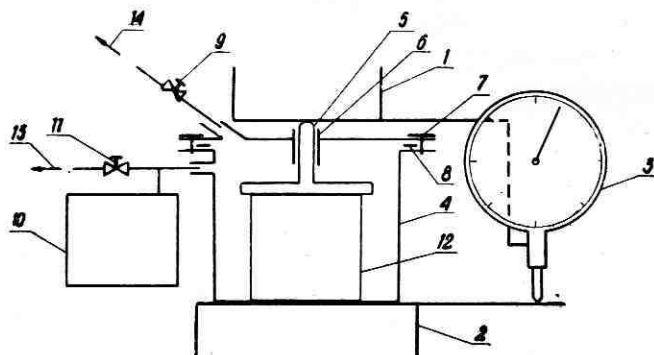
Metoda przyspieszona wymaga zastosowania maszyny wytrzymałościowej oraz urządzenia podciśnieniowego, które zezwalałoby jednocześnie na nawilżanie i obciążanie drewna.

Urządzenie podciśnieniowe zaprojektowano. Schemat zastosowanej aparatury przedstawia rys. 2.

Aparatura ta działa w sposób następujący. Próbkę drewna 12 umieszcza się w płaskodennym naczyniu 4 pod płaską podkładką ze sworzniem 5 wyprowadzonym przez tuleję 6. Naczynie uszczelnia się przez dokręcenie śrub dociskowych 8 i przez zamknięcie zaworu 9. Po ustawieniu naczynia w maszynie wytrzymałościowej i umocowaniu próbki następuje uruchomienie pompy próżniowej. Wielkość podciśnienia kontroluje wakuometr 10. Z chwią uzyskania potrzebnego podciśnienia zamyka się zawór 11, wyłącza pompę i otwiera zawór 9, co powoduje przepływ cieczy ze zbior-

nika do naczynia 4 i zalanie próbki 12. Ponieważ w zbiorniku znajduje się tylko tyle cieczy, ile wymaga zalanie próbki, bezpośrednio za cieczą wdziera się do naczynia powietrze i w ten sposób ciśnienie w naczyniu samorzutnie osiąga wartość ciśnienia atmosferycznego.

Od momentu skontaktowania próbki z wodą zaczyna się jej pęcznienie, co wykazuje czujnik 3. Siły pęcznienia równoważy maszyna wytrzymałościowa przez docisk podpory 2 i napory 1.



Rys. 2. Schemat aparatury do określania ciśnienia pęcznienia drewna metodą przyspieszoną: 1 — napora maszyny wytrzymałościowej, 2 — podpora maszyny wytrzymałościowej, 3 — czujnik, 4 — płaskodenne naczynie, 5 — płaska podkładka ze sworzniem, 6 — tuleja, 7 — śruba dociskowa, 8 — uszczelka gumowa, 9 — zawór, 10 — wakuometr, 11 — zawór, 12 — próbka drewna, 13 — do pompy próżniowej, 14 — do zbiornika z cieczą

Obliczanie ciśnienia pęcznienia drewna. Jednokierunkowe ciśnienie pęcznienia C_p oblicza się jako iloraz siły pęcznienia P i powierzchni odniesienia A , prostopadłej do kierunku działania siły

$$C_p = \frac{P}{A} \text{ kg/cm}^2 \quad (2)$$

Powierzchnia odniesienia próbki nie jest jednak wielkością stałą. Zmienia się ona w czasie trwania próby określania ciśnienia pęcznienia, pod wpływem wzrastającej wilgotności i pęcznienia drewna oraz pod wpływem sił hamujących jego pęcznienie (26, 28, 29, 41). Zwiększenie powierzchni odniesienia próbki na końcu próby w stosunku do powierzchni wyjściowej, jeśli chodzi o same tylko odkształcenia higroskopijne, może wynosić od 5 do 15% przy założeniu, że maksymalne spęcznienie drewna w kierunku stycznym $\alpha_{max\ st} = 10\%$, w kierunku promieniowym $\alpha_{max\ pr} = 5\%$ i wzdłuż włókien $\alpha_{max\ podl} = 0\%$.

Istnieje więc potrzeba ustalenia warunków określenia wielkości A .

W grę wchodzi zasadniczo dwie możliwości: przyjęcie za wielkość A powierzchni odniesienia określonej wymiarami próbki przed rozpoczęciem

próby albo przyjęcie za wielkość A powierzchni odniesienia określonej wymiarami próbki po zakończeniu próby.

Wielkość A odpowiadającą obciążonej powierzchni próbki na końcu próby można by przyjąć za bardziej właściwą z tej racji, że siły pęcznienia próbki osiągają swoją wartość P wstawioną do wzoru (2) właśnie w końcu próby. Należy się jednak liczyć z trudnościami przy dokładnym określeniu powierzchni odniesienia próbki po ukończeniu próby. Próbka bowiem musi ulegać deformacji na skutek mechanicznego hamowania jej pęcznienia.

Z tego też powodu za bardziej wskazane trzeba uważać przyjęcie możliwości pierwszej.

W niniejszej pracy przyjęto ciśnienie pęcznienia drewna określać jako iloraz siły pęcznienia P i powierzchni odniesienia A oznaczonej na próbce przed przystąpieniem do próby pomiarowej.

2. Metodyka oznaczania wilgotności i spęcznienia drewna

W ramach niniejszej pracy zachodzi potrzeba oznaczania wilgotności drewna W :

1) jako $W = f(t)$ względnie $W = f(t')$ dla badań porównawczych metody przyspieszonej z metodami normalnymi,

2) jako $W = W_{Cp\ max}$ odpowiadającej wilgotności drewna w przybliżeniu w chwili wykazywania przez nie maksimum ciśnienia pęcznienia.

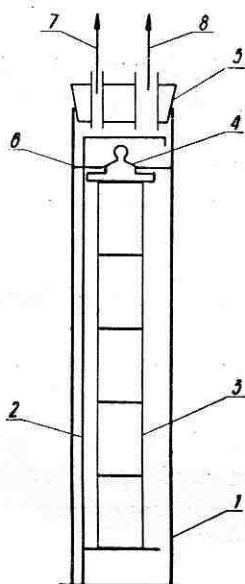
Metoda przyspieszona, podobnie jak metody opracowane przez T. Perkitnego i J. M. Iwanowa, nie zezwala na bezpośrednie śledzenie zmian wilgotności próbki drewna badanej na ciśnienie pęcznienia. Konieczne jest więc pośrednie określanie zmian wilgotności na bliźniaczym drewnie nawilżanym w możliwie takich samych warunkach jak próbka badana na ciśnienie pęcznienia.

W przypadku metody przyspieszonej wilgotność próbki narasta bardzo szybko. Tym samym sposób śledzenia zmian wilgotności oparty na zasadzie periodicznie n -krotnie powtarzanych pomiarów 1 próbki nie może znaleźć zastosowania.

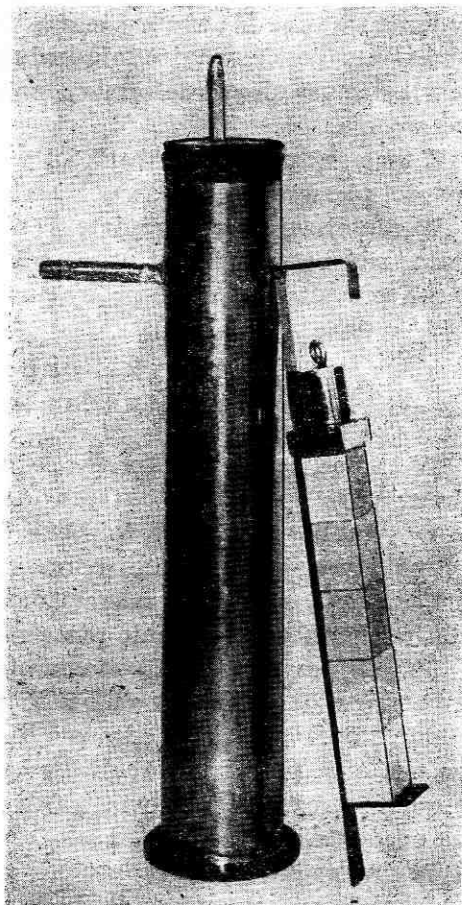
W pracy niniejszej przyjęto sposób oparty na zasadzie jednokrotnego pomiaru wilgotności każdej z próbek, których liczba wynosi n . Sposób ten zezwala na określanie zmian wilgotności drewna w krótkich, sekundowych odstępach czasu¹. Poszczególne próbki bowiem w czasie pomiarów wystarczy tylko wyjmować z cieczy, a ważenie ich można odłożyć do chwili ukończenia pomiaru.

¹ W dalszym ciągu pracy sposoby określania zmian wilgotności drewna przyjęto nazywać: sposób oparty na zasadzie n próbek mierzonych jednokrotnie — metodą kilku próbek, sposób oparty na zasadzie n pomiarów 1 próbki — metodą jednej próbki.

Do określania zmian wilgotności drewna tą metodą przystosowano urządzenie podciśnieniowe aparatury do pomiaru ciśnienia pęcznienia w ten sposób, że płaskodenne naczynie urządzenia zamieniono na metalowy cylinder, przedstawiony schematycznie na rys. 3.



Rys. 3 a. Schemat naczynia do określania zmian wilgotności drewna metodą kilku próbek: 1 — cylinder, 2 — półka do próbek, 3 — próbki, 4 — przycisk próbek, 5 — korek gumowy, 6 — lustro cieczone, 7 — przewód do pompy próżniowej i wakuometru, 8 — przewód do zbiornika z cieczą



Rys. 3 b. Widok naczynia do określania zmian wilgotności drewna metodą kilku próbek

Do cylindra 1 wkłada się półkę 2 z umieszczonymi na niej próbkami 3. Przy układaniu próbek powinno się przestrzegać zasady, aby każda próbka mogła chłonać ciecz tylko tymi płaszczyznami, którymi chłonie ciecz próbka badana na ciśnienie pęcznienia. Ustawione na półce próbki obciąża się przyciskiem 4. Cylinder zamyka się korkiem gumowym 5. W załadowanym w ten sposób cylindrze, analogicznie jak w płaskodennym naczyniu, kolejno wytwarza się podciśnienie, zalewa się próbki wodą i wreszcie podwyższa się ciśnienie do ciśnienia atmosferycznego. Natychmiast po

uzyskaniu ciśnienia atmosferycznego cylinder otwiera się przez wyjęcie korka 5.

W każdej ze znajdujących się w cylindrze próbek wilgotność wzrasta mniej więcej podobnie jak w próbkach badanych na ciśnienie pęcznienia. Po upływie przewidzianego czasu, wyjmuję się najwyższą próbkę z cylindra przez podniesienie półki 4, zwracając jednocześnie uwagę na to, aby pozostałe próbki nie wynurzyły się ponad lustro cieczy 6, do czego pomocny jest przycisk 4. Wilgotność wyjętej próbki określa pośrednio wilgotność bliźniaczych próbek badanych na ciśnienie pęcznienia po upływie tego samego czasu. Wilgotność wszystkich próbek, przy kolejnym wyjmowaniu ich po upływie coraz to dłuższego czasu, powinna dać zbliżony do prawidłowego obraz zmian wilgotności drewna badanego na ciśnienie pęcznienia.

Metoda kilku próbek wydaje się nawet dokładniejsza od metody jednej próbki, gdyż zachowuje ciągłość nawilżania drewna, w odróżnieniu od metody jednej próbki, która tej ciągłości nie zapewnia.

Wilgotność drewna $W_{Cp\ max}$, to znaczy w przybliżeniu odpowiadającą wilgotności, jaką próbka wykazuje w momencie uzyskania maksymalnego ciśnienia pęcznienia, można wyznaczyć na próbce poddawanej próbie na ciśnienie pęcznienia — bezpośrednio po zakończeniu próby.

Oznaczanie spęcznienia drewna w ramach niniejszej pracy możliwe jest przy zastosowaniu normlanej techniki laboratoryjnej, nie wymaga więc żadnych rozważań metodycznych.

3. Dobór wielkości i kształtu próbek

W pracach nad ciśnieniem pęcznienia drewna wykazano, że wielkość i kształt próbek mają wpływ na ciśnienie pęcznienia (25, 33, 42).

Szczegółowe badania nad wpływem wielkości i kształtu próbek małowymiarowych na maksimum ciśnienia pęcznienia w poprzek włókien przeprowadzili T. Perkitny i J. Raczkowski.

Według T. Perkitnego największe ciśnienie pęcznienia z próbek sześciennych osiąga próbka o długości boku $a = 4$ cm, według J. Raczkowskiego zaś — próbka o boku $a = 2$ cm. Poniżej tych wartości obydwaj autorzy otrzymali spadek maksimum ciśnienia pęcznienia dochodzący do 30%. Dla próbek o boku $a > 4$ cm otrzymał T. Perkitny wyraźnie obniżone maksimum ciśnienia pęcznienia, podczas gdy badania J. Raczkowskiego dla największej stosowanej przez niego wartości $a = 3$ cm wykazują zaledwie minimalne obniżenie. Na podstawie więc tych badań można przyjąć, że próbka sześcienna wykazuje maksymalne ciśnienie pęcznienia przy długości boku $a = 3$ cm.

J. Raczkowski w swych badaniach nad wpływem kształtu próbki na maksimum ciśnienia pęcznienia drewna wykazał, że zmiana kształtu podstawy próbki nie ma wpływu na maksimum ciśnienia pęcznienia.

Fakt ten stanowi sprzyjającą okoliczność przy określaniu ciśnienia pęcznienia drewna w kierunkach poprzecznych, zezwala bowiem na zmniejszenie boku podstawy próbki wzdłuż włókien, bez obawy obniżenia maksimum ciśnienia pęcznienia. Zmniejszenie wymiaru próbki wzdłuż włókien powoduje skrócenie się czasu jej nawilżania do osiągnięcia wilgotności warunkującej maksymalne ciśnienie pęcznienia, a więc skraca czas trwania próby określenia ciśnienia pęcznienia.

Z tych powodów, dążąc do szybkiego uzyskania maksymalnego ciśnienia pęcznienia, badania w poprzek włókien postanowiono przeprowadzić na próbkach o wymiarze podstawy 3×2 cm i wysokości 3 cm. Dla oznaczeń zaś ciśnienia pęcznienia drewna wzdłuż włókien postanowiono w specjalnych badaniach wytypować próbkę optymalną, jeśli chodzi o najwyższe ciśnienie pęcznienia i czas jego wystąpienia.

III. BADANIA NAD NAUKOWĄ ŚCISŁOŚCIĄ METODY PRZYŚPIESZONEGO OZNACZANIA CIŚNIENIA PĘCZNIE DREWNA W WODZIE

Stosownie do rozważań metodycznych naukową ścisłość metody przyspieszonego oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna w wodzie w stosunku do innych dotychczasowych metod można sprawdzić przez określenie wpływu wielkości podciśnienia na ciśnienie pęcznienia drewna.

Równoważenie sił pęcznienia drewna w kierunku k w metodzie przyspieszonej następuje zawsze w momencie, gdy drewno wykazuje w kierunku k przejściowe odkształcenie Δl . Wielkość tego przejściowego odkształcenia, jak wykazano w rozważaniach metodycznych, może wpływać na ciśnienie pęcznienia drewna, a tym samym może stanowić dalsze kryterium oceny ścisłości naukowej nie tylko metody przyspieszonego oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna, ale w ogóle metod przewidujących określanie ciśnienia pęcznienia drewna przez równoważenie jego sił pęcznienia.

1. Badania nad wpływem podciśnienia na ciśnienie pęcznienia drewna w wodzie

Teoretycznie podciśnienie może wpływać na ciśnienie pęcznienia drewna przez spowodowanie dodatkowego obciążenia wstępnego próbki oraz przez spowodowanie różnego rozmieszczenia wilgoci w próbce.

Próbka badana metodą przyspieszoną, po jej minimalnym wstępnym obciążeniu σ_1 wywołanym za pomocą maszyny wytrzymałościowej, doznaje dalszego wstępnego obciążenia σ_2 z chwilą wywołania podciśnienia. Podstawę do obliczenia wielkości dodatkowego wstępnego obciążenia σ_2 prób-

ki umieszczonej w projektowanym naczyniu stanowi ciśnienie słupa powietrza na przesuwający się w tulei naczynia sworzeń (rys. 2) oraz przekrój poziomy próbki. Przy przyjęciu przekroju sworznia 1 cm^2 i wywołaniu w naczyniu absolutnej próżni próbka znajdzie się pod naciskiem 1 atmosfery, co po przeliczeniu na przewidzianą powierzchnię próbki 6 cm^2 daje $\sigma_2 = \frac{1}{6} \text{ kG/cm}^2$. Jest to więc obciążenie znikome, malejące w miarę zmniejszania podciśnienia. Przy zmniejszeniu podciśnienia o połowę do 380 mm słupka rtęci, σ_2 osiąga wartość poniżej $0,1 \text{ kG/cm}^2$. Praktycznie, przy zastosowaniu przekroju sworznia 1 cm^2 i stosowaniu nie dużego podciśnienia, dodatkowe obciążenie wstępne σ_2 nie może więc mieć wpływu na naukową ścisłość metody.

Należało przypuszczać, że wpływ podciśnienia na ciśnienie pęcznienia drewna w wodzie może być różny:

a) dla różnej wielkości podciśnienia — ze względu na różną, podyktowaną wielkością podciśnienia, szybkość i równomierność nawilżania się drewna,

b) dla różnych gatunków drewna — ze względu na ich różną budowę przestrzenną.

Próbka bowiem odpowietrzona przed nawilżaniem powinna nawilżać się bardziej równomiernie od próbki zawierającej powietrze, co może powodować większą jednoczesność pęcznienia elementarnych cząstek drewna. Z chemii fizycznej zaś wiadomo, że ciała wielkocząstkowe największe ciśnienie pęcznienia wykazują w momencie rozpoczęcia się ich procesu pęcznienia, po czym w miarę trwania procesu ciśnienie coraz bardziej maleje. Elementarna cząstka drewna zachowuje się analogicznie, co podaje L. Vorreiter za H. Saechtlingiem (50) i co wynika ze wspomnianego równania (1) K a t z a. W bryle więc drewna o ogromnej ilości cząstek jednoczesność pęcznienia poszczególnych cząstek musi posiadać wpływ na ciśnienie pęcznienia bryły.

Wpływ podciśnienia na ciśnienie pęcznienia drewna w wodzie powinien być podobny we wszystkich kierunkach anatomicznych drewna i dla drewna o różnej wilgotności początkowej.

Tym samym do metodyki badań nad wpływem podciśnienia na ciśnienie pęcznienia drewna trzeba było wprowadzić dwa zasadnicze czynniki zmienne, a mianowicie wielkość podciśnienia i gatunek drewna.

Metoda przyspieszonego określania ciśnienia pęcznienia drewna w wodzie wymaga równoważenia sił pęcznienia drewna siłami zewnętrznymi, w niniejszym przypadku siłami nacisku maszyny wytrzymałościowej. Przyrost sił nacisku maszyny wytrzymałościowej jest jednakże ograniczony możliwościami mechanizmu napędowego maszyny. Dalej przyrost sił nacisku maszyny musi być dokładnie zharmonizowany z przyrostem sił pęcznienia drewna, aby nie miały miejsca odkształcenia przejściowe próbki większe od przyjętych jako dopuszczalne. Takie niepożądane do-

datnie odkształcenia przejściowe mogą zachodzić zarówno w wypadku opóźnionego działania sił nacisku maszyny, jak i w wypadku nienadążania sił nacisku maszyny za siłami pęcznienia drewna. Natomiast takie niepożądane ujemne odkształcenia przejściowe mogą zachodzić w wypadku opóźnionego wstrzymania przyrostu sił nacisku maszyny w stosunku do przyrostu sił pęcznienia drewna, jak i w wypadku wyprzedzania przyrostu sił pęcznienia drewna przez przyrost sił nacisku maszyny. Trudności techniczne w zharmonizowaniu przyrostu sił nacisku maszyny wytrzymałościowej i przyrostu sił pęcznienia nie istnieją przy powolnym przyroście sił pęcznienia. Przy szybkim przyroście sił pęcznienia są jednak bardzo duże.

Do tych dwóch czynników, to znaczy do szybkości mechanizmu napędowego maszyny wytrzymałościowej oraz do ściśle technicznych możliwości zharmonizowania przyrostu sił nacisku maszyny wytrzymałościowej z przyrostem sił pęcznienia drewna, można przystosować dolną granicę podciśnienia, dającą największą szybkość narastania ciśnienia pęcznienia bryły drewna.

Ta dolna granica musi być jednakże różna dla różnych gatunków, odznaczających się, jak wiadomo, różną szybkością pęcznienia. Dlatego postanowiono jej szukać doświadczalnie przez stosowanie podciśnień pośrednich od największego, dającego już widoczny przyrost szybkości pęcznienia drewna, do najniższego, powodującego największą, jeszcze możliwą do przyjęcia szybkość pęcznienia. Wielkość podciśnień pośrednich przyjęto stosować w odstępach co 150 mm słupka rtęci.

Jeśli chodzi o uchwycenie wpływu podciśnienia na ciśnienie pęcznienia różnych gatunków drewna, to, zdaniem autora, można go dostatecznie poglądowo wykazać na podstawie obserwacji przedstawicieli grup gatunków o podobnej budowie. Za przedstawicieli tych grup gatunków iglastych, liściastych rozpierzchłonaczyniowych i liściastych pierścieniowonaczyniowych przyjęto kolejno sosnę, buk i dąb i na nich wykonano badania.

Określenie wpływu podciśnienia na ciśnienie pęcznienia drewna postanowiono przeprowadzić nie tylko przez porównanie ciśnienia pęcznienia drewna oznaczonego metodą przyśpieszoną przy zastosowaniu podciśnienia i metodą opracowaną przez T. Perkitnego przy ciśnieniu atmosferycznym, ale również przez porównanie stanu higroskopijnego drewna poddawanego próbie pomiarów ciśnienia pęcznienia.

Tym samym na badania złożyły się 3 rodzaje doświadczeń:

- 1) pomiar ciśnienia pęcznienia drewna zanurzonego w wodzie,
- 2) pomiar swobodnego pęcznienia drewna zanurzonego w wodzie,
- 3) pomiar wilgotności drewna.

Dla uzyskania porównywalności wyników wszystkie trzy rodzaje pomiarów należało przeprowadzić na jak najbardziej analogicznym materiale drzewnym. W tym celu z powietrznie suchego drewna każdego z wy-

typowanych do badań gatunków wyrobiono 10 beleczek o przekroju 3×3 cm i o słojach rocznych zorientowanych równoległe do jednego z boków beleczki. Następnie z każdej beleczki pozyskano po 12 próbek o wymiarze wzdłuż włókien 2 cm, które oznaczono kolejnymi numerami od 1 do 12. Próbki podzielono według numerów na 3 grupy, każda o przeznaczeniu do innego rodzaju pomiaru, a mianowicie grupa próbek o numerach 1 do 4 z przeznaczeniem do pomiaru ciśnienia pęcznienia, grupa próbek o numerach 5 do 8 z przeznaczeniem do pomiaru wilgotności drewna oraz grupa próbek o numerach 9 do 12 z przeznaczeniem do pomiaru pęcznienia drewna.

Z kolei grupy rozbito na podgrupy z przeznaczeniem do pomiarów przy zastosowaniu ciśnienia atmosferycznego i poszczególnych podciśnień w ten sposób, że dla ciśnienia atmosferycznego 760 mm Hg przeprowadzono pomiar ciśnienia pęcznienia drewna na próbkach o numerze 1, wilgotności drewna — na próbkach o numerze 5, a pęcznienia drewna na próbkach o numerze 9.

Dla najwyższego podciśnienia przeprowadzono pomiar ciśnienia pęcznienia drewna na próbkach o numerze 4, wilgotności drewna — na próbkach o numerze 8, pęcznienia drewna — na próbkach o numerze 12.

Dla kolejno obniżonego podciśnienia przeprowadzano pomiar ciśnienia pęcznienia drewna na próbkach o numerze 3, wilgotności drewna — na próbkach o numerze 7, pęcznienia drewna — na próbkach o numerze 11.

Dla najniższego podciśnienia przeprowadzano pomiar ciśnienia pęcznienia drewna na próbkach o numerze 2, wilgotności drewna — na próbkach o numerze 6, pęcznienia drewna — na próbkach o numerze 10.

Dzięki takiemu podziałowi w każdej podgrupie znajdowało się 10 próbek niepodobnych do siebie, gdyż każda pochodziła z innej beleczki. Podobieństwo zachodziło natomiast między podgrupami próbek, przy czym największe podobieństwo wykazywały próbki badane przy zastosowaniu ciśnienia atmosferycznego i najniższego podciśnienia, a więc w warunkach skrajnych ciśnień, w których ewentualne różnice ciśnienia pęcznienia musiałyby jak najostrej wystąpić.

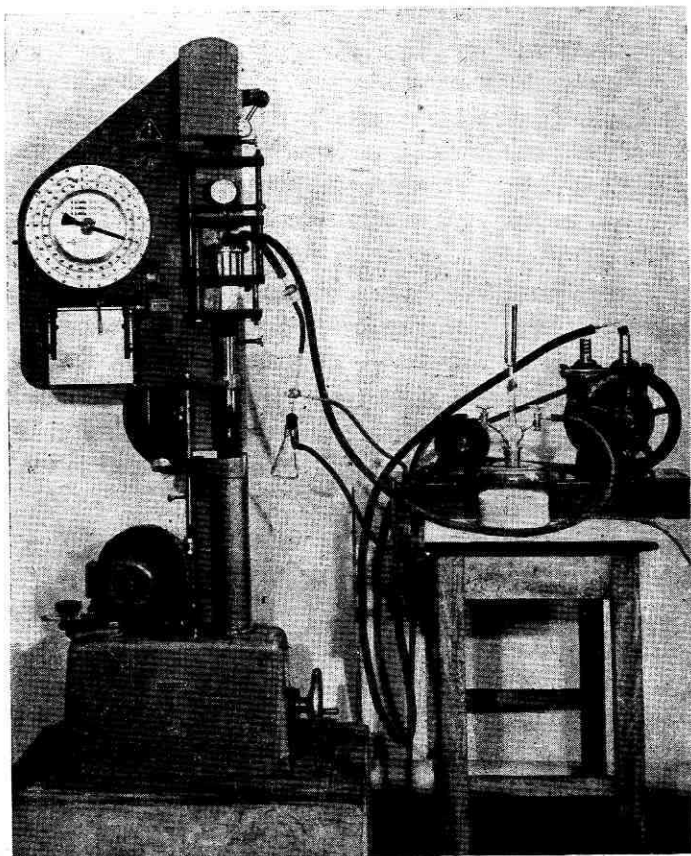
Przyjęty więc podział eliminował w stopniu maksymalnym możliwość zakłócenia obserwowanego wpływu podciśnienia na mierzone własności drewna przez różnorodność materiału badawczego.

Aby wyeliminować również możliwość zakłócenia obserwowanego wpływu podciśnienia na mierzone własności drewna przez inne czynniki, do badań wprowadzono dalsze czynniki stałe, a mianowicie:

- a) wilgotność początkową drewna $W_p = 0\%$,
- b) styczny kierunek obserwacji drewna,
- c) temperaturę wody nawilżającej $T = 20^\circ \text{C}$.

Ze względu na to, że metoda przyśpieszona i metoda opracowana przez T. Perkińskiego przewidują podobny sposób mechanicznego hamo-

wania pęcznienia drewna przez równoważenie jego sił pęcznienia, wszystkie pomiary ciśnienia pęcznienia przeprowadzono na tej samej aparaturze, która składała się z trójzakresowej maszyny wytrzymałościowej marki WPM Leipzig, o maksymalnym zasięgu 500 kG i maksymalnej szybkości mechanizmu napędowego 90 mm/min, dodatkowo zaopatrzonej w czujnik zegarowy, oraz z urządzenia podciśnieniowego, zaprojektowanego na użytek metody przyspieszonej i opisanego w rozdziale „Metodyka badań“.



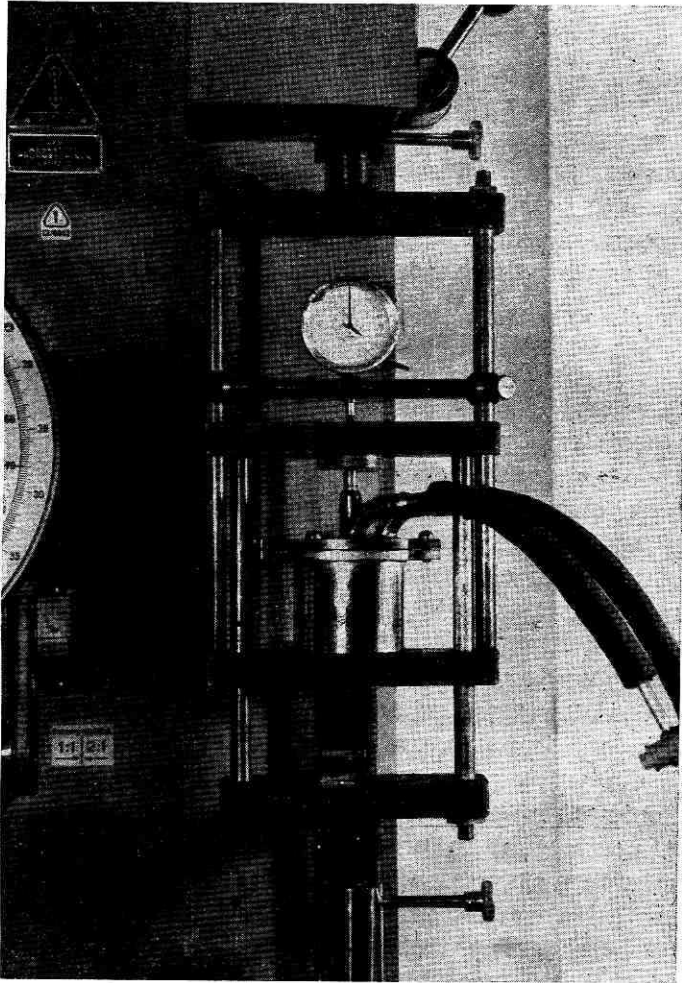
Rys. 4. Ogólny widok aparatury do pomiaru ciśnienia pęcznienia drewna metodą przyspieszoną

Ogólny widok aparatury podaje rys. 4. Fragment aparatury z płaskodennym naczyniem, w którym znajduje się próbka badana na ciśnienie pęcznienia i z ustawionym nad nim czujnikiem, przedstawia rys. 5.

Wszystkie próbki, badane zarówno metodą opracowaną przez T. Perkitnego przy ciśnieniu atmosferycznym, jak i metodą przyspieszoną z zastosowaniem podciśnienia, umieszczano w płaskodennym naczyniu urządzenia podciśnieniowego, aby zachować te same warunki pomiarowe.

Wielkość odkształcenia przejściowego przyjęto dla wszystkich próbek jako $\Delta l = 0,01$ mm, to znaczy tak, jak przewiduje to metoda opracowana przez T. Perkitnego.

Bezpośrednio po ukończeniu pomiaru ciśnienia pęcznienia poszczególnych próbek, określano ich wilgotność $W_{C_p \max}$ metodą suszarkowo-wagową.



Rys. 5. Fragment aparatury do pomiaru ciśnienia pęcznienia drewna metodą przyspieszoną

Pomiar wilgotności drewna jako $W = f(t)$ ilustrujący przyrost wilgotności w próbkach przy ciśnieniu atmosferycznym oraz jako $W = f(t')$ ilustrujący przyrost wilgotności próbek przy poszczególnych podciśnieniach przeprowadzono metodą kilku próbek. Pomiar przeprowadzono

w podłączonym do urządzenia podciśnieniowego naczyniu przedstawionym na rys. 3.

W naczyniu mieściło się jednorazowo 5 próbek. Ponieważ dla każdego pomiaru wilgotności w warunkach ciśnienia atmosferycznego i przy zastosowaniu poszczególnych podciśnień przeznaczono 10 próbek, pomiar trzeba było więc przeprowadzić w dwóch partiach. Każdy pomiar wilgotności w warunkach ciśnienia atmosferycznego i przy zastosowaniu poszczególnych podciśnień obejmował więcej aniżeli 10 punktów pomiarowych. W związku z tym zachodziła potrzeba określania wilgotności niektórych próbek kilkakrotnie. Rozwiązano to w ten sposób, że poszczególne próbki po wyjęciu z naczynia i zważeniu wkładano natychmiast do innego naczynia z wodą, aż do następnego ważenia. Jeśli któryś pomiar wilgotności obejmował ponad 20 punktów pomiarowych, to wartość każdego kolejnego punktu ponad 20 określano jako średnią dla 2 próbek.

Pomiar śpęznienia drewna przeprowadzono na 3 próbkach dla każdej serii badanej w warunkach normalnych i przy zastosowaniu poszczególnych podciśnień. Liczbę próbek zredukowano więc z 10 do 3. Redukcję tę przeprowadzono w ten sposób, że do pomiaru pozostawiono próbki pochodzące z tych samych beleczek, przez co zachowano podobieństwo materiału badawczego.

Pomiar śpęznienia przeprowadzono za pomocą czujnika zegarowego, wykorzystując urządzenie podciśnieniowe aparatury do określania ciśnienia śpęznienia drewna metodą przyśpieszoną.

Uzyskane w doświadczeniach wyniki zilustrowano na rys. 6, 7 i 8.

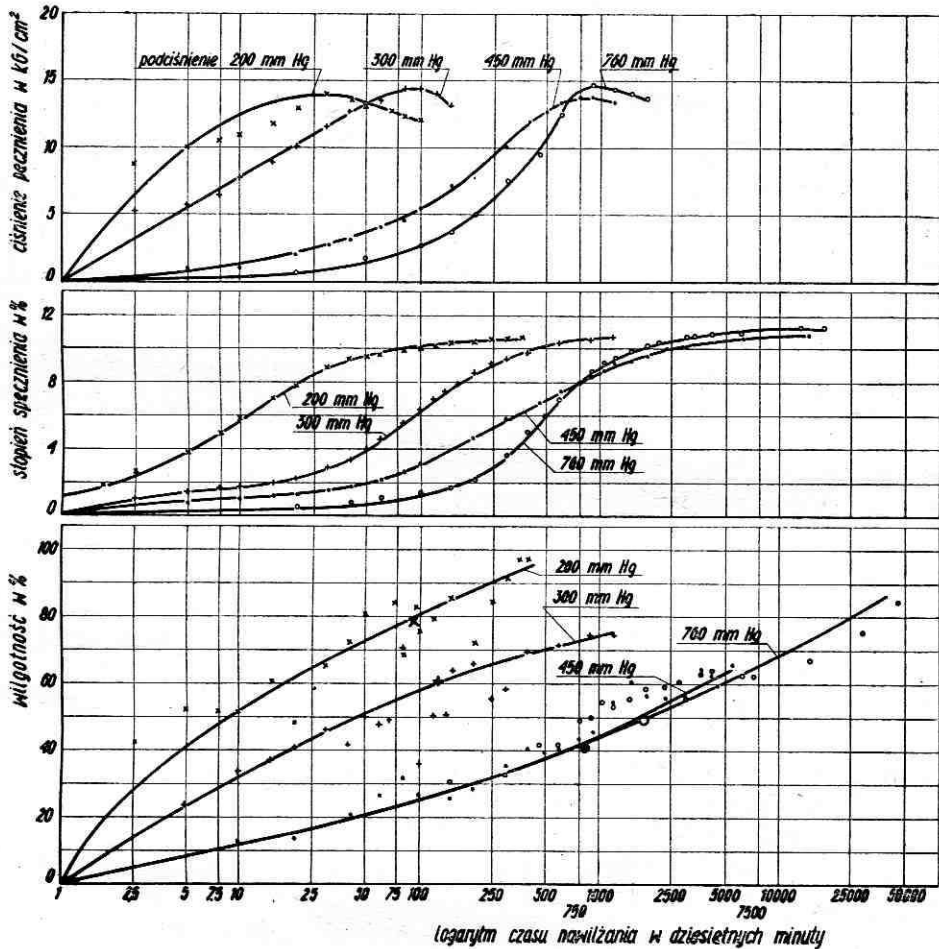
Na rysunkach tych ciśnienia śpęznienia, stopień śpęznienia i wilgotność drewna przedstawiono jako funkcję czasu, przy czym oś czasu przedstawiono w skali logarytmicznej, przyjmując wartość czasu w początku układu osi współrzędnych na 0,1 min.

Krzywe przedstawiające ciśnienie śpęznienia i stopień śpęznienia na rys. 6, 7 i 8 sporządzono na podstawie wartości średnich arytmetycznych obliczonych dla grupy próbek dla poszczególnych kolejnych czasów obserwacji. Ponieważ maksima zarówno ciśnienia śpęznienia, jak i stopnia śpęznienia poszczególnych próbek w grupie nie występowały w tym samym czasie, to maksymalne wartości krzywych nie odpowiadają średnim maksymalnym wartościom ciśnienia śpęznienia i stopnia śpęznienia branej do obliczeń grupy próbek¹.

Podstawę do wykreślenia krzywych wilgotności stanowiły wyniki pomiarów wilgotności metodą kilku próbek. Wyniki te wykazały dość duży rozrzut, powstały najprawdopodobniej na skutek kilkakrotnego zamiast

¹ Odtąd przyjęto nazywać średnią maksymalną wartość ciśnienia śpęznienia obliczoną dla grupy próbek przy uwzględnieniu czasu obserwacji — względnym maksymalnym ciśnieniem śpęznienia, a średnią maksymalną wartość ciśnienia śpęznienia obliczoną z maksymalnych wartości poszczególnych próbek — maksymalnym ciśnieniem śpęznienia.

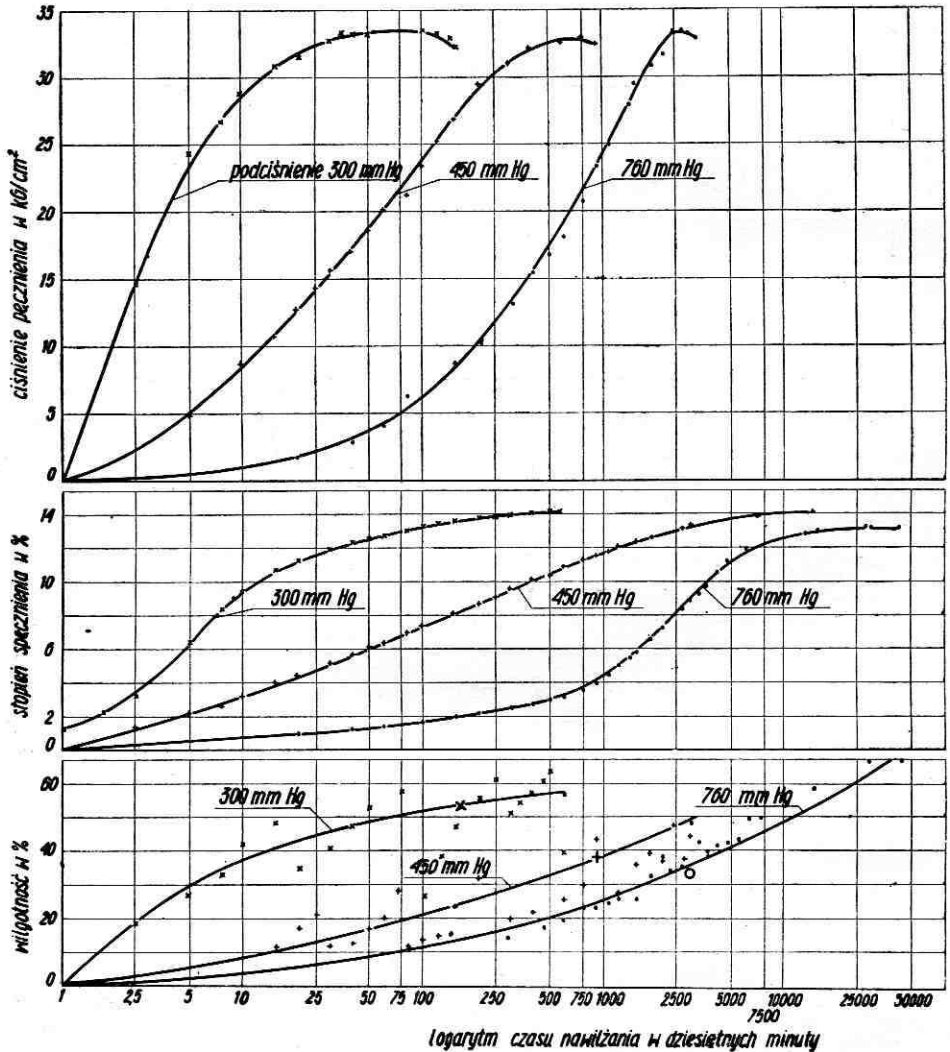
jednokrotnego określania wilgotności próbek. Ze względu na dość duży rozrzut wyników, który mógłby spowodować wadliwe wykreślenie krzywych, między punkty pomiarowe pochodzące z pomiarów metodą kilku próbek oznaczane na rysunkach mniejszymi znakami, naniesiono punkty pomiarowe odpowiadające średniej wilgotności próbek poddanych próbom na ciśnienie pęcznienia, w chwili ukończenia próby, tj. wilgotności $W_{Cp\ max}$.



Rys. 6. Wpływ wielkości podciśnienia na ciśnienie pęcznienia, stopień spęcznienia i wilgotność twardego drewna sosnowego zanurzonego w wodzie o temperaturze 20°C (dla kierunku stycznego)

Punkty te oznaczono na rysunkach większymi znakami. Ponieważ wilgotność oznaczona na rysunkach większym znakiem odpowiadała wilgotności rzeczywistej próbek badanych na ciśnienie pęcznienia, krzywe wilgotności na rys. 6, 7 i 8 wykreślono w ten sposób, że przeprowadzono je przez większe znaki lub w pobliżu tych znaków, a ogólny ich kształt

przyjęto na podstawie układu mniejszych znaków odpowiadających pomiarom wilgotności metodą kilku próbek. Wykreślone w ten sposób krzywe powinny dostatecznie prawidłowo charakteryzować przyrost wilgotności próbek badanych na ciśnienie pęcznienia.

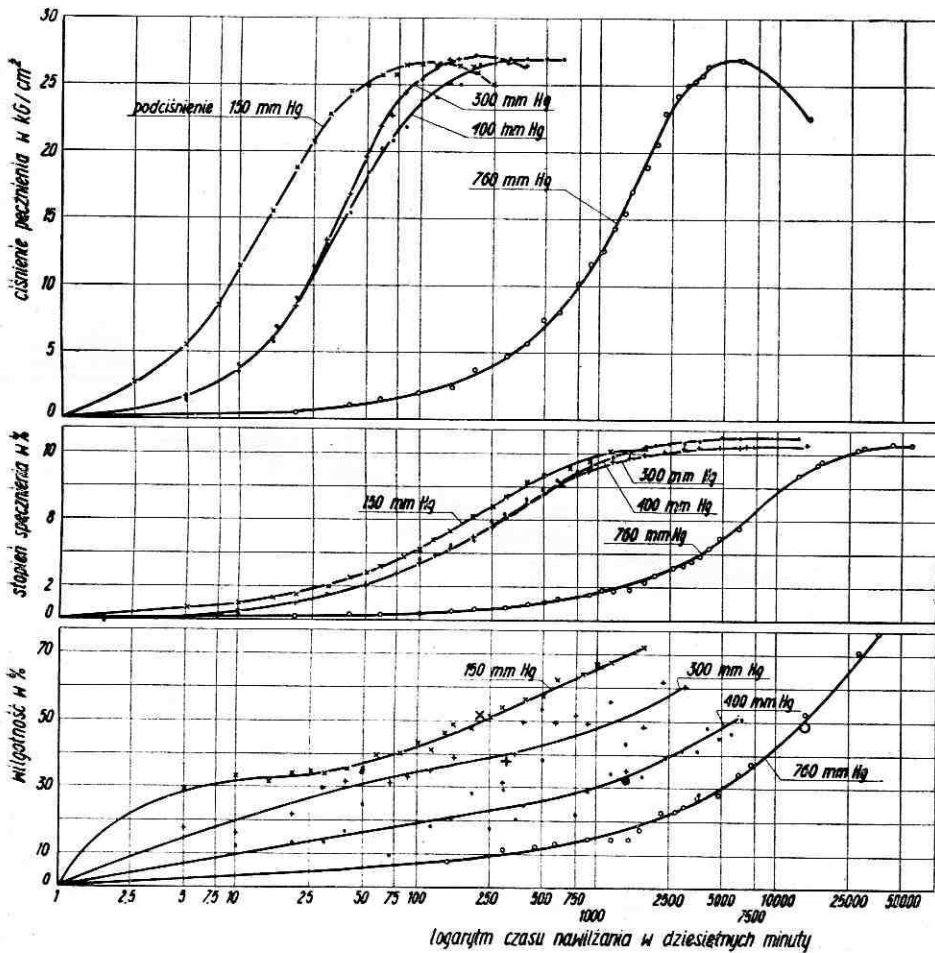


Rys. 7. Wpływ wielkości podciśnienia na ciśnienie pęcznienia, stopień pęcznienia i wilgotność drewna bukowego zanurzonego w wodzie o temperaturze 20°C (dla kierunku stycznego)

Krzywe ciśnienia pęcznienia oznaczone dla ciśnienia atmosferycznego (760 mm Hg) dotyczą ciśnienia pęcznienia określanego metodą opracowaną przez T. Perkitnego, a inne — metodą przyspieszoną przy zastosowaniu poszczególnych podciśnień.

Analiza rysunków wykazuje, że:

1) na skutek stosunkowo niedużego obniżenia ciśnienia powietrza można uzyskać duże skrócenie czasu wzrostu ciśnienia pęcznienia, stopnia spęcznienia i wilgotności drewna;



Rys. 8. Wpływ wielkości podciśnienia na ciśnienie pęcznienia, stopień spęcznienia i wilgotność drewna dębowego zanurzonego w wodzie o temperaturze 20°C (dla kierunku styczego)

2) względne maksymalne ciśnienia pęcznienia i stopień spęcznienia dla różnych zastosowanych ciśnień powietrza są w obrębie poszczególnych gatunków drewna prawie takie same;

3) wszystkie zastosowane ciśnienia powietrza powodują dla danego gatunku drewna przy dowolnej wielkości ciśnienia pęcznienia podobny stopień spęcznienia i podobną wilgotność.

Dla lepszego zobrazowania zależności między stopniem spęcznienia i wilgotności drewna odpowiadających dowolnej wielkości ciśnienia pęcznienia a ciśnieniem powietrza sporządzono na podstawie rys. 6, 7 i 8 tabelę 1. Jak wykazuje analiza tabeli 1, zmiana wilgotności podciśnienia nie powoduje żadnej wyraźnej tendencji do wzrostu czy spadku stopnia spęcznienia i wilgotności drewna danego gatunku. Wyjątek stanowi tylko

Tabela 1

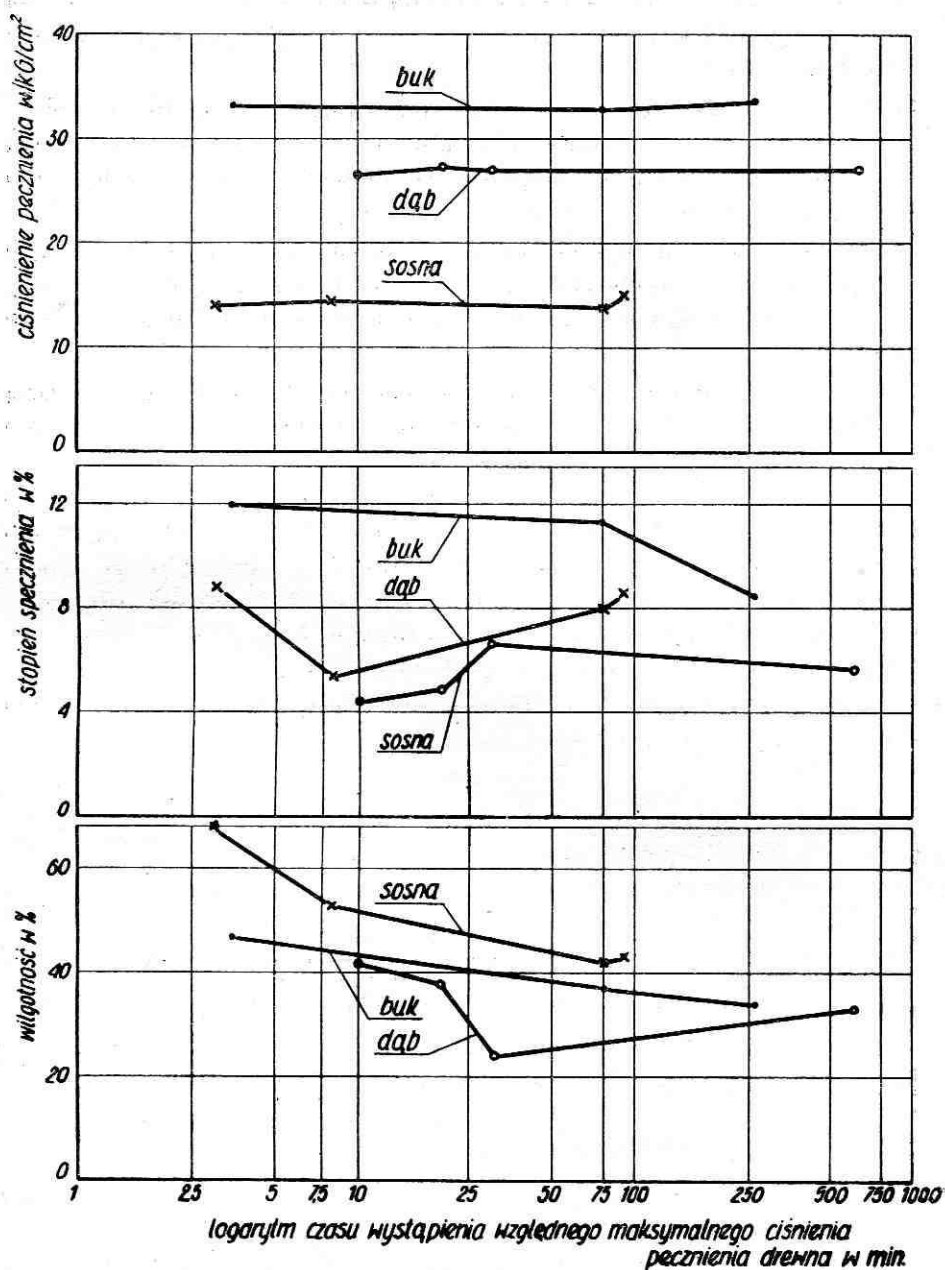
Zależność stopnia spęcznienia i wilgotności drewna od podciśnienia przy uzyskiwaniu przez drewno różnych przejściowych wielkości ciśnienia pęcznienia (dla kierunku stycznego)

Gatunek drewna	Podciśnienie mm Hg	Ciśnienie pęcznienia ^a w kg/cm ²					
		5		10		20	
		stopień spęcznienia %	wilgotność %	stopień spęcznienia %	wilgotność %	stopień spęcznienia %	wilgotność %
Sosna — twardziel	760	2,2	30	5,6	37	—	—
	450	3,0	25	5,6	33	—	—
	300	1,4	21	2,2	40	—	—
	200	2,0	24	3,8	41	—	—
Buk	760	1,4	10	2,0	14	3,3	23
	450	2,0	7	3,6	10	6,4	18
	300	1,8	8	2,4	14	4,8	25
Dąb	760	0,8	10	1,4	14	2,5	20
	400	0,4	11	1,2	13	3,0	17
	300	0,4	32	1,2	27	2,1	32
	150	0,6	28	1,0	32	1,7	39

wilgotność drewna dębowego, która zwiększa się dosyć wyraźnie w miarę obniżania ciśnienia. To zwiększanie się wilgotności odbywa się jednak tylko na skutek zwiększenia ilości wody wolnej (stopień spęcznienia dla różnej wilgotności drewna pozostaje w przybliżeniu ten sam), co jest zupełnie zrozumiałe w drewnie o tak dużych naczyniach.

Rozrzut stopnia spęcznienia i wilgotności w obrębie gatunku, wykazywany przez drewno dla różnego podciśnienia można przyjąć za normalny, tj. taki, jako wykazują poszczególne gatunki w warunkach ciśnienia atmosferycznego.

Szczególnie duże znaczenie dla określenia wpływu podciśnienia na ciśnienie pęcznienia drewna w wodzie może mieć porównanie stopnia spęcznienia i wilgotności drewna po upływie czasu potrzebnego do wystąpienia względnego maksymalnego ciśnienia pęcznienia drewna dla metody opracowanej przez T. Perkitnego przy ciśnieniu atmosferycznym i metody przyspieszonej przy zastosowaniu różnych podciśnień.



Rys. 9. Zależność między czasem wystąpienia względnego maksymalnego ciśnienia pęcznienia drewna na skutek zastosowania różnego podciśnienia a względnym maksymalnym ciśnieniem pęcznienia, stopniem spęcznienia i wilgotnością drewna

W tym celu sporządzono rys. 9. Wszystkie wartości względne maksymalnego ciśnienia pęcznienia i odpowiadające im wartości czasu, stopnia spęcznienia i wilgotności przyjęto z rys. 6, 7 i 8. Oś czasu sporządzono w skali logarytmicznej.

Analiza rys. 9 wykazuje podobne zależności między względnym maksymalnym ciśnieniem pęcznienia a stopniem spęcznienia i wilgotnością drewna, jak między tymi już poprzednio omówionymi zależnościami dla przejściowego ciśnienia pęcznienia. Analiza wykazuje bowiem, że:

1) względne maksymalne ciśnienie pęcznienia utrzymuje się na tym samym poziomie w obrębie gatunku bez względu na szybkość jego wzrastania określoną czasem wystąpienia względnego maksymalnego ciśnienia pęcznienia;

2) w sposób podobny, aczkolwiek ze znacznie mniejszą regularnością, zachowuje się stopień spęcznienia drewna odpowiadający względnemu maksymalnemu ciśnieniu pęcznienia;

3) wilgotność drewna wzrasta w miarę skrócenia czasu wystąpienia względnego maksymalnego ciśnienia pęcznienia drewna, ale wzrost ten jest stosunkowo nieduży, szczególnie w drewnie liściastym. W chwili wykazywania przez drewno względnego maksymalnego ciśnienia pęcznienia różnica wilgotności między próbkami drewna badanymi metodą opracowaną przez T. Perkitnego przy ciśnieniu atmosferycznym (najdłuższy czas pęcznienia) a próbkami badanymi metodą przyśpieszoną (krótszy czas pęcznienia) wynosi:

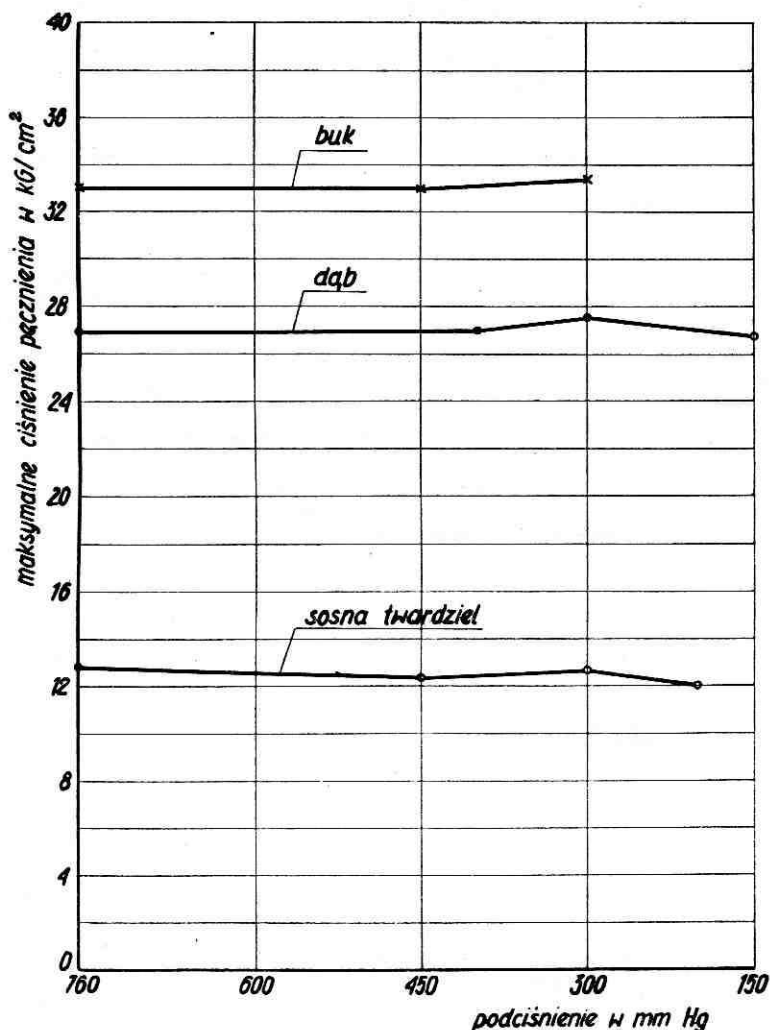
dla buka		
dla podciśnienia 450 mm Hg		3 %
dla podciśnienia 300 mm Hg		13 %
dla dębu		
dla podciśnienia 450 mm Hg		— 9 %
dla podciśnienia 300 mm Hg		5 %
dla podciśnienia 150 mm Hg		9 %
dla twardej soseny		
dla podciśnienia 450 mm Hg		— 1 %
dla podciśnienia 300 mm Hg		13 %
dla podciśnienia 200 mm Hg		24 %

Na podstawie wyników uzyskanych w doświadczeniach sporządzono rys. 10 i 11 oraz tabelę 2¹.

Jak wynika z rys. 10 i tabeli 2, ciśnienie powietrza w granicach 760 do 200 mm Hg dla twardego drewna sosnowego, do 300 mm Hg dla

¹ Wartości ciśnienia pęcznienia drewna dla ciśnienia powietrza 760 mm Hg określono metodą T. Perkitnego, a inne — metodą przyśpieszoną przy zastosowaniu poszczególnych podciśnień.

drewna bukowego i do 150 mm Hg dla drewna dębowego nie wywiera żadnego wpływu na maksymalne ciśnienie pęcznienia tego drewna. Wniosek ten potwierdzają nie tylko średnie arytmetyczne wartości dla poszczególnych ciśnień, które układają się z nie spotykaną dla drewna regularnością, ale również współczynniki zmienności, wykazujące podobny

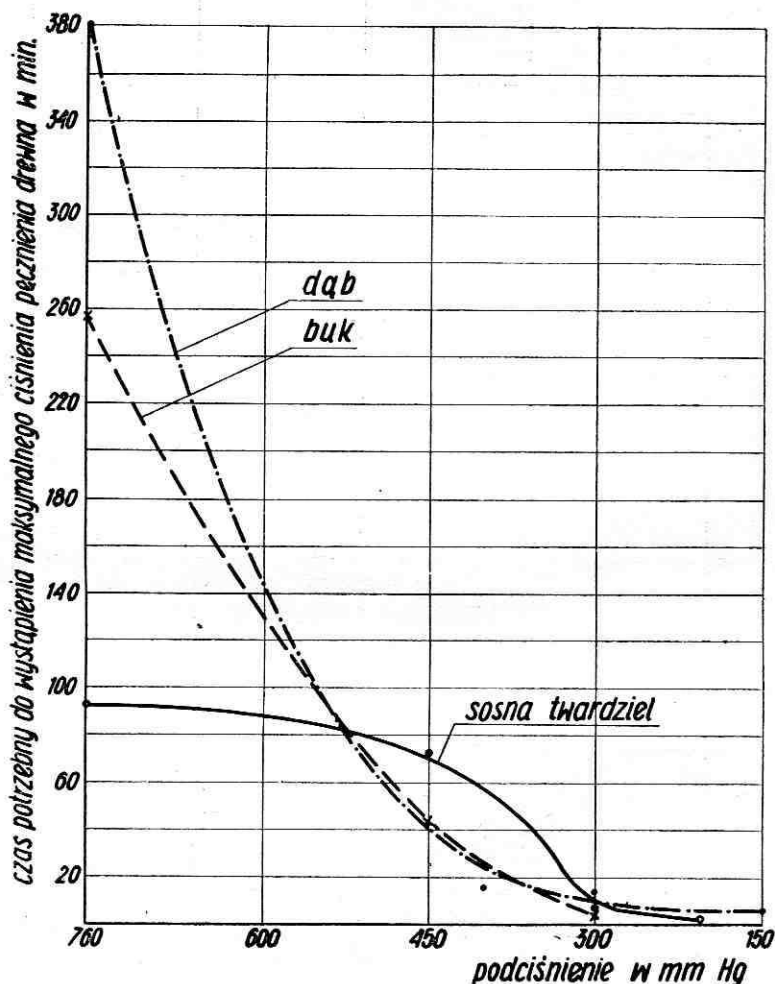


Rys. 10. Wpływ podciśnienie na maksymalne ciśnienie pęcznienia drewna w kierunku stycznym

dla wszystkich ciśnień powietrza rozrzut maksymalnego ciśnienia pęcznienia drewna. Maksymalne ciśnienie pęcznienia wykazuje jeszcze wyraźniej niezależność od metody i podciśnienia aniżeli względne maksymalne ciśnienie pęcznienia drewna.

Na rys. 11 przedstawiono wpływ wielkości podciśnienia na szybkość wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia. Analiza rys. 11 i tabeli 2 wykazuje, że:

1) obniżenie ciśnienia w granicach od 760 do 200 mm Hg dla twardego drewna sosnowego, do 300 mm Hg dla drewna bukowego i do 150 mm Hg dla drewna dębowego powoduje skrócenie czasu wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia drewna;



Rys. 11. Wpływ podciśnienia na szybkość wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia drewna w kierunku stycznym

2) to skrócenie czasu jest różne dla drewna o różnej budowie przestrzennej¹: wysokie podciśnienie około 450 mm Hg skraca czas wystą-

¹ Należy przypuszczać, że nie tylko budowa przestrzenna, ale także zawartość żywic, garbników i podobnych substancji będzie decydowała o skróceniu czasu wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia drewna.

pienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia dla twardej sosnowej (prawdopodobnie więc w ogóle dla drewna iglastych) nieznacznie, a dla drewna liściastego znacznie; podciśnienie niższe począwszy od 300 mm Hg skraca bardzo poważnie czas wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia dla wszystkich badanych gatunków drewna;

Tabela 2

**Wpływ podciśnienia na maksymalne ciśnienie pęcznienia drewna
w kierunku stycznym i na czas potrzebny do jego wystąpienia**

Gatunek drewna	Podciśnienie mm Hg	Maksymalne ciśnienie pęcznienia		Czas potrzebny do wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia min
		kG/cm ²	Współczynnik zmienności %	
Sosna — twardziel	760	14,9	11,2	93
	450	14,3	9,2	73
	300	14,6	2,1	7
	200	14,0	10,1	1,8
Buk	760	33,0	8,6	258
	450	33,1	8,9	44
	300	33,5	10,7	4
Dąb	760	27,0	11,4	378
	400	27,0	10,4	17
	300	27,6	7,2	15
	150	26,8	10,0	5

3) duże różnice w czasie wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia obserwowanych gatunków, wynoszące przy ciśnieniu atmosferycznym kilka godzin, ulegają zmniejszeniu w miarę zmniejszania podciśnienia tak, że przy podciśnieniu 300 mm Hg i niżej wynoszą tylko kilka minut;

4) stosowanie podciśnień niższych od 300 mm Hg daje już tylko znikome skrócenie czasu wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia;

5) czas wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia dla kierunku stycznego przy zastosowaniu najniższego podciśnienia był krótszy od tegoż czasu przy zastosowaniu ciśnienia atmosferycznego: pięćdziesiątkrotnie dla twardego drewna sosnowego, siedemdziesiątkrotnie dla drewna bukowego, osiemdziesiątkrotnie dla drewna dębowego.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników można stwierdzić, że nowa metoda przyspieszonego oznaczenia ciśnienia pęcznienia drewna w wodzie zachowuje ścisłość naukową metody oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna opracowanej przez T. Perkitnego, a tym samym innych metod dotychczasowych. Uzyskane wyniki doświadczalne i ich analiza zezwalają również na teoretyczne uzasadnienie ścisłości naukowej metody przyspieszonej w porównaniu z innymi metodami, a nawet na

teoretyczne wytłumaczenie różnic między ciśnieniem pęcznienia drewna nawilżanego w różnym środowisku.

Przy oznaczaniu ciśnienia pęcznienia drewna zanurzonego w wodzie metodą normalną drewno chłonie wodę stosunkowo powoli i przy nagromadzeniu pewnej zasadniczej ilości wody wykazuje maksimum ciśnienia pęcznienia.

Przy określaniu metodą przyśpieszoną ciśnienia pęcznienia drewna zanurzonego w wodzie, drewno pobiera dwa rodzaje wody:

1) wodę, która jest niezbędna do wystąpienia maksimum ciśnienia pęcznienia i odpowiadającego mu stopnia spęcznienia przy oznaczaniu metodą normalną — zwaną w dalszym ciągu „wodą zasadniczą“;

2) wodę zachowującą się biernie — zwaną w dalszym ciągu „wodą dodatkową“.

Woda zasadnicza oddziałuje aktywnie na ścianki komórkowe powodując ich pęcznienie i wyzwalając siły pęcznienia decydujące o ciśnieniu pęcznienia.

Na tę wodę składa się zarówno woda adsorpcyjna, jak i woda wolna, na co wskazuje fakt, że w momencie wystąpienia w drewnie maksimum ciśnienia pęcznienia ma ono wilgotność zawsze wyższą od 30%, przy czym drewno nie wykazuje jeszcze maksymalnego stopnia spęcznienia.

Woda dodatkowa zachowuje się biernie wobec ścianek komórkowych i wnikając do bryły drewna po wodzie zasadniczej przemieszcza się tylko w przestrzeniach wolnych bryły.

Oddziaływanie wody zasadniczej na poszczególne elementarne cząstki substancji drzewnej czy grupy cząstek nie może być jednoczesne, lecz stopniowe, w miarę napływu fali wilgoci w pobliże cząstek.

Wiązanie wody przez poszczególne cząstki powoduje powstanie sił pęcznienia, które można nazwać cząstkowymi siłami pęcznienia. Cząstkowa siła pęcznienia, jak już poprzednio wspomniano (zgodnie z wzorem 1) wzrasta gwałtownie. Jest ona największa w momencie rozpoczęcia się procesu wiązania cząsteczek wody przez cząstkę substancji drzewnej. W miarę wiązania przez cząstkę substancji dalszych cząsteczek wody siła maleje i zanika w momencie nasycenia się cząstki wodą. Ponieważ o szybkości zaniku cząstkowej siły pęcznienia decyduje istniejący w pobliżu cząstki stosunek ciśnienia rzeczywistego pary do ciśnienia pary nasyconej (wzór 1), to musi istnieć również wpływ środowiska nawilżającego na szybkość zaniku cząstkowej siły pęcznienia. I tak na przykład zanik ten będzie niewątpliwie szybszy dla cząstki substancji drzewnej bryły drewna nawilżanej przez zanurzenie w wodzie, aniżeli dla cząstki bryły nawilżanej w wilgotnym powietrzu. Natomiast na szybkość zaniku cząstkowej siły pęcznienia nie może mieć wpływu szybkość wnikania wody do bryły drewna, gdyż wnikająca woda bez względu na szybkość wnikania może wywoływać tylko takie same, a nie inne cząstkowe ciśnienie pary.

Wypadkowa siła pęcznienia bryły drewna jest sumą cząstkowych sił pęcznienia. Wartość wypadkowej w danej chwili może być uzależniona od ilości cząstek wykazujących jakiegokolwiek cząstkowe siły pęcznienia, tj. cząstek aktywnych oraz od wielkości cząstkowych sił pęcznienia poszczególnych cząstek.

Jeśli suchą bryłę drewna podda się nawilżaniu, to ilość aktywnych cząstek wzrasta w miarę upływu czasu nawilżania, początkowo intensywnie, później coraz wolniej. Na skutek nasycenia się cząstek wodą, obok coraz to nowych cząstek aktywnych zaczynają pojawiać się jednakże cząstki o utraconej aktywności. Przyrost ilości cząstek tracących aktywność, w stosunku do ilości cząstek uzyskujących aktywność, jest nie tylko opóźniony o czas potrzebny do zaniku cząstkowej siły pęcznienia, ale również mniej intensywny w początkach procesu nawilżania, ponieważ do uzyskania aktywności przez cząstkę potrzeba minimalnej ilości wilgoci, a do utracenia aktywności potrzeba tej wilgoci znacznie więcej. Na skutek tego ilość cząstek aktywnych stale wzrasta aż do chwili, gdy przyrost ilości cząstek tracących aktywność nie zrówna się i nie wyprzedzi przyrostu ilości cząstek zyskujących aktywność. W momencie zrównania się przyrostów ilości cząstek zyskujących i tracących aktywność ilość cząstek aktywnych uzyskuje swoje maksimum, a zaczyna się zmniejszać od chwili zwiększenia się przyrostu ilości cząstek tracących aktywność nad przyrostem ilości cząstek zyskujących aktywność.

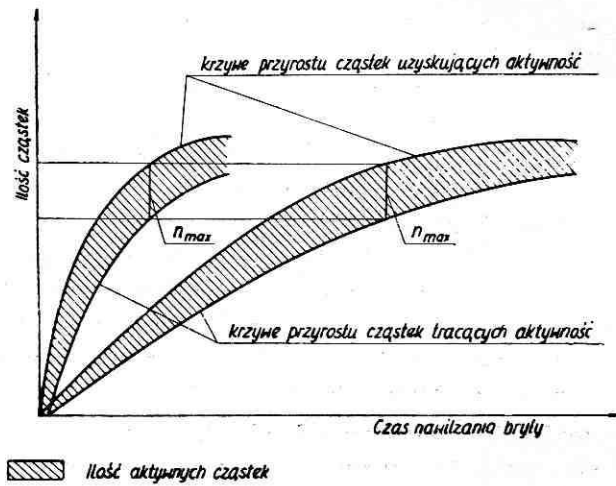
Dla różnej szybkości nawilżania bryły drewna przyrost ilości cząstek zyskujących aktywność jest uwarunkowany szybkością przesuwania się fali wilgoci do wnętrza bryły. Im większa szybkość przesuwania się fali, czyli im większa szybkość nawilżania, tym większy jest przyrost ilości cząstek zyskujących aktywność w jednostce czasu. Odpowiednio jednakże do przyrostu ilości cząstek zyskujących aktywność kształtuje się przyrost ilości cząstek tracących aktywność, na skutek czego maksymalna ilość cząstek jednocześnie aktywnych n_{max} musi być taka sama dla różnych szybkości nawilżania bryły w tym samym środowisku nawilżającym. Przed i po wystąpieniu n_{max} ilość cząstek jednocześnie aktywnych może być różna dla różnych prędkości nawilżania. Opisane zjawisko dotyczące ilości cząstek aktywnych w nawilżanej bryle drewna przedstawiono graficznie na rys. 12.

Natomiast ilość cząstek jednocześnie aktywnych musi być różna dla różnych środowisk nawilżających ze względu na wykazany poprzednio wpływ środowiska na szybkość zaniku cząstkowej siły pęcznienia. Ilość cząstek aktywnych musi być tym większa, im mniejsza jest szybkość zaniku siły cząstkowej. Zjawisko to objaśnia rys. 13. Krzywe przyrostu ilości cząstek zyskujących i tracących aktywność wyznaczają ilość cząstek aktywnych, przy czym krzywa przyrostu ilości cząstek tracących aktywność jest w stosunku do krzywej przyrostu ilości cząstek zyskujących aktywność, przesunięta o czas potrzebny do zaniku cząstkowej siły pęcz-

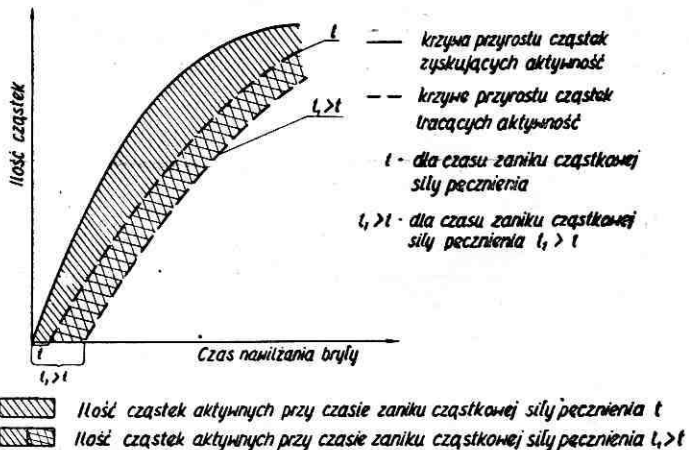
nienia. Z chwilą wydłużenia się czasu zaniku siły cząstkowej t do wartości $t_1 > t$ krzywa przyrostu ilości cząstek tracących aktywność jeszcze bardziej się przesuwają, tzn. że zachowuje swój kształt jak dla czasu zaniku t , ale oddala się od krzywej przyrostu ilości cząstek zyskujących aktywność, przez co ilość cząstek aktywnych musi wzrastać.

Tym samym wpływ ilości cząstek aktywnych na wypadkową siłę pęcznienia bryły drewna, przy zastosowaniu różnej prędkości nawilżania:

1) nie istnieje, jeśli chodzi o maksymalną wypadkową siłę pęcznienia bryły nawilżanej w tym samym środowisku;



Rys. 12. Wpływ szybkości nawilżania na ilość cząstek aktywnych w bryle drewna



Rys. 13. Wpływ czasu zaniku cząstkowej siły pęcznienia na ilość cząstek aktywnych w bryle drewna

2) może istnieć, jeśli chodzi o przejściowe (nie maksymalne) wypadkowe siły pęcznienia bryły nawilżanej w tym samym środowisku;

3) istnieje, jeśli chodzi o przejściowe i maksymalne wypadkowe siły pęcznienia brył nawilżanych w różnych środowiskach.

Wielkość cząstkowych sił pęcznienia poszczególnych cząstek aktywnych, jak wynika z przytoczonej analizy, uzależniona jest od stopnia nasycenia cząstki substancji drzewnej cząsteczkami wody.

Tym samym wpływ wielkości cząstkowych sił pęcznienia na wypadkową siłę pęcznienia bryły drewna:

1) nie istnieje w tych przypadkach nawilżania, gdzie dochodzi do całkowitego nasycenia cząstek bez względu na środowisko nawilżające i szybkość nawilżania bryły;

2) istnieje w tych przypadkach, gdzie nie dochodzi do całkowitego nasycenia cząstek bryły i jest tym większy, im mniejszy jest stan nasycenia cząstek.

Przyjmując taki wpływ ilości i wielkości cząstkowych sił pęcznienia na wypadkową siłę pęcznienia bryły można z góry przewidzieć zależności, jakie muszą istnieć między ciśnieniem pęcznienia drewna oznaczanym w różnych środowiskach nawilżających i przy różnej szybkości nawilżania. Zależności te zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Teoretycznie wyprowadzony wpływ środowiska nawilżającego i szybkości nawilżania na ciśnienie pęcznienia drewna

Środowisko nawilżające	Szybkość nawilżania	Ciśnienie pęcznienia	
		przejściowe	maksymalne
Woda	duża	bardzo szybko rośnie do maksimum i bardzo szybko maleje	niskie
	mała	szybko rośnie do maksimum i szybko maleje	niskie
Powietrze o względnej wilgotności około 100%	duża	powoli rośnie do maksimum i powoli maleje	wysokie
	mała	bardzo powoli rośnie do maksimum i bardzo powoli maleje	wysokie
Powietrze o względnej wilgotności mniejszej od 100%	duża	powoli rośnie do maksimum i powoli maleje	bardzo wysokie
	mała	bardzo powoli rośnie do maksimum i bardzo powoli maleje	bardzo wysokie

Podobne do wykazanych w tabeli 3 zależności istnieją też niewątpliwie między innymi cieczami i powietrzem nasyconym ich parami a ciśnieniem pęcznienia drewna.

Prawidłowość tych teoretycznie wyprowadzonych zależności można częściowo poprzeć wynikami doświadczalnymi.

Prawidłowość teoretycznie wyprowadzonej zależności między dużą i małą szybkością nawilżania drewna a jego ciśnieniem pęcznienia potwierdza doświadczalnie w sposób przekonywujący niniejsza praca.

Prawidłowość teoretycznie wyprowadzonej zależności między nawilżaniem drewna w wodzie i w wilgotnym powietrzu o względnej wilgotności około 100% a jego ciśnieniem pęcznienia doświadczalnie potwierdza wspomniana już praca J. Raczkowskiego (33) oraz prace będące w trakcie wykonywania w Katedrze Mechanicznej Technologii Drewna Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu.

× Za doświadczalne potwierdzenie prawidłowości teoretycznej wyprowadzonej zależności między nawilżaniem drewna w wodzie, w powietrzu o względnej wilgotności około 100% i w powietrzu o względnej wilgotności mniejszej od 100% a jego ciśnieniem pęcznienia można przyjąć wyniki doświadczenia wykonanego w Katedrze Mechanicznej Technologii Drewna Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu, w którym zupełnie suchą próbkę bielu sosnowego poddano obciążeniu w kierunku stycznym 40 kG/cm^2 i umieszczono w atmosferze laboratorium, gdzie względna wilgotność powietrza wynosiła 60 do 70%. Początkowo próbka zmniejszyła swój wymiar wyjściowy w kierunku obciążenia, ale później zaczęła zwiększać wymiar, co wskazuje na zaistnienie w próbce sił pęcznienia większych od obciążenia zewnętrznego 40 kG/cm^2 , a więc większych od ciśnienia pęcznienia drewna bielu sosnowego w kierunku stycznym zarówno w wodzie (około 15 kG/cm^2), jak i w powietrzu o względnej wilgotności około 100% (około 21 kG/cm^2).

2. Badania nad wpływem wielkości przejściowych odkształceń drewna na jego ciśnienie pęcznienia

Przy oznaczaniu ciśnienia pęcznienia drewna wszystkimi metodami konieczne jest zaistnienie pewnego odkształcenia drewna przez spęcznienie. Przy oznaczaniu metodą opracowaną przez J. M. Iwanowa, a także metodą opracowaną przez H. Tarkowa i D. Turnera niezbędne jest zaistnienie trwałego odkształcenia. Przy oznaczaniu metodą opracowaną przez T. Perkitnego a także metodą przyspieszoną niezbędne jest zaistnienie przejściowych odkształceń.

Jak wspomniano poprzednio, na przykładzie metody opracowanej przez J. M. Iwanowa wykazano, że w miarę zwiększania się trwałego odkształcenia drewna przez spęcznienie ciśnienie pęcznienia drewna maleje.

O tym, jak wielkość przejściowych odkształceń spowodowanych przez spęcznienie wpływa na ciśnienie pęcznienia drewna, brak jakichkolwiek danych w literaturze.

Przejściowe odkształcenia pęczniącego drewna przy oznaczaniu ciśnienia powodują niewątpliwie również rozładowanie sił pęcznienia drewna, ale to rozładowanie ma w tym wypadku charakter przejściowy, raczej nie powinno więc prowadzić do zmniejszenia ciśnienia pęcznienia drewna.

Dla wykazania wpływu wielkości odkształceń przejściowych na ciśnienie pęcznienia drewna przygotowano z powietrznie suchego drewna dębowego 5 beleczek o wymiarach przekroju poprzecznego 3×3 cm i słojach rocznych zorientowanych równoległe do jednego z boków. Następnie beleczki pocięto poprzecznie na próbki długości 2 cm. Wszystkie próbki podzielono na 10 grup w ten sposób, że każda grupa składała się z 5 próbek pochodzących każda z innej beleczki. Grupy o numerach próbek 1 do 5 poddano pomiarowi ciśnienia pęcznienia w kierunku stycznym, a o numerach 6 do 10 w kierunku promieniowym.

Wszystkie pomiary ciśnienia pęcznienia przeprowadzono metodą przyspieszoną przy zastosowaniu podciśnienia 150 mm Hg, na próbkach o wilgotności początkowej $W_p = 0\%$.

Pomiar ciśnienia pęcznienia poszczególnych grup próbek przeprowadzono przy stosowaniu innej wielkości odkształcenia przejściowego Δl , a mianowicie:

- dla grup próbek o numerach 1 i 6 $\Delta l = 0,010$ mm,
- dla grup próbek o numerach 2 i 7 $\Delta l = 0,003$ mm,
- dla grup próbek o numerach 3 i 8 $\Delta l = 0,001$ mm,
- dla grup próbek o numerach 4 i 9 $\Delta l = 0,020$ mm,
- dla grup próbek o numerach 5 i 10 $\Delta l = 0,005$ mm.

Stosowanie tej wielkości odkształceń przejściowych było możliwe oczywiście tylko przez pewien czas trwania pomiaru. Pod koniec poszczególnych pomiarów próbki nie były już zdolne do wykazywania ustalonych odkształceń, szczególnie odkształceń dużych i dlatego zaistniałe odkształcenie trzeba było likwidować bez względu na jego wielkość. Za zasadę przyjęto więc likwidowanie każdego odkształcenia, nawet gdy nie uzyskiwało nominalnej wielkości, po upływie 10 minut.

Uzyskane w doświadczeniach wyniki zestawiono w tabelach 4 i 5 oraz zilustrowano na wykresie (rys. 14). Na wykresie zilustrowano jedynie wpływ wielkości odkształceń na maksymalne ciśnienie pęcznienia drewna jako na wartość najbardziej charakterystyczną.

Na podstawie rys. 14 należy przyjąć, że maksymalne ciśnienie pęcznienia drewna dla odkształceń przejściowych od 0,001 do 0,005 mm w kierunku stycznym utrzymuje się na prawie jednakowym poziomie (upoważnia do takiego wniosku kształt krzywej, mimo wzrostu maksymalnego ciśnienia pęcznienia dla odkształcenia przejściowego 0,003 mm), a w kierunku promieniowym nieznacznie wzrasta. Natomiast dla odkształceń

Tabela 4

Przebieg ciśnienia pęcznienia w kierunku stycznym zupełnie suchego drewna dębowego w wodzie o temperaturze 20° C, określonego metodą przyspieszoną przy zastosowaniu podciśnienia 150 mm Hg

Czas obserwacji min	Ciśnienie pęcznienia w kg/cm ² dla odkształceń przejściowych w mm				
	0,001	0,003	0,005	0,01	0,02
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	2,7	3,4	3,2	2,2	3,4
1	4,1	4,5	5,8	3,6	5,8
1,5	5,9	6,3	7,8	6,3	5,8
2	7,2	7,5	9,5	7,2	8,9
3	9,5	11,0	12,2	10,0	10,7
4	11,9	13,8	15,7	13,4	14,2
5	14,0	15,9	17,1	13,4	14,2
6	15,9	17,9	18,7	17,2	18,5
7	17,6	19,2	20,5	17,2	20,4
8	18,8	21,0	21,6	19,9	22,4
9	20,3	22,1	21,6	21,3	22,4
10	21,0	23,6	23,7	23,6	22,4
12	22,7	24,4	24,6	23,6	29,2
14	23,9	25,8	24,6	23,6	29,2
16	24,8	26,2	25,1	26,2	29,9
18	25,5	26,9	26,2	26,2	30,2
20	25,8	27,3	26,6	26,7	30,2
22	26,5	27,8	26,2	26,7	31,2
25	26,8	28,2	26,7	28,0	31,3
30	27,1	28,2	27,4	28,3	30,5
35	27,1	28,4	27,4	28,6	32,7
40	28,0	27,9	27,0	28,3	31,5
45	28,0	28,1	27,2	28,5	31,5
50	27,6	28,1	27,2	28,5	31,5
60	27,6	28,4	27,1	28,8	31,5
75	27,6	28,3	27,1	28,6	31,5

przejściowych od 0,005 do 0,020 mm zarówno w kierunku stycznym, jak i promieniowym dosyć znacznie przyrasta. Przyrost ciśnienia pęcznienia przy przejściowym odkształceniu 0,020 mm w stosunku do ciśnienia pęcznienia przy przejściowym odkształceniu 0,001 mm wynosi w kierunku stycznym 18%, w kierunku promieniowym 14%; a w stosunku do ciśnienia pęcznienia przy przejściowym odkształceniu 0,005 mm wynosi w kierunku stycznym 19%, w kierunku promieniowym zaś 12%.

Podobnie kształtuje się względne maksymalne ciśnienie pęcznienia w zależności od wielkości przejściowych odkształceń.

Na podstawie więc uzyskanych wyników można przyjąć, że przejściowe odkształcenia do 0,005 mm, w przeciwieństwie do odkształceń przejściowych powyżej 0,005 mm, nie wpływają na ciśnienie pęcznienia drewna.

Te wyniki doświadczalne wykazują jednakże prawie całkowitą sprzeczność z rozważaniami teoretycznymi, zgodnie z którymi przejściowe od-

Tabela 5

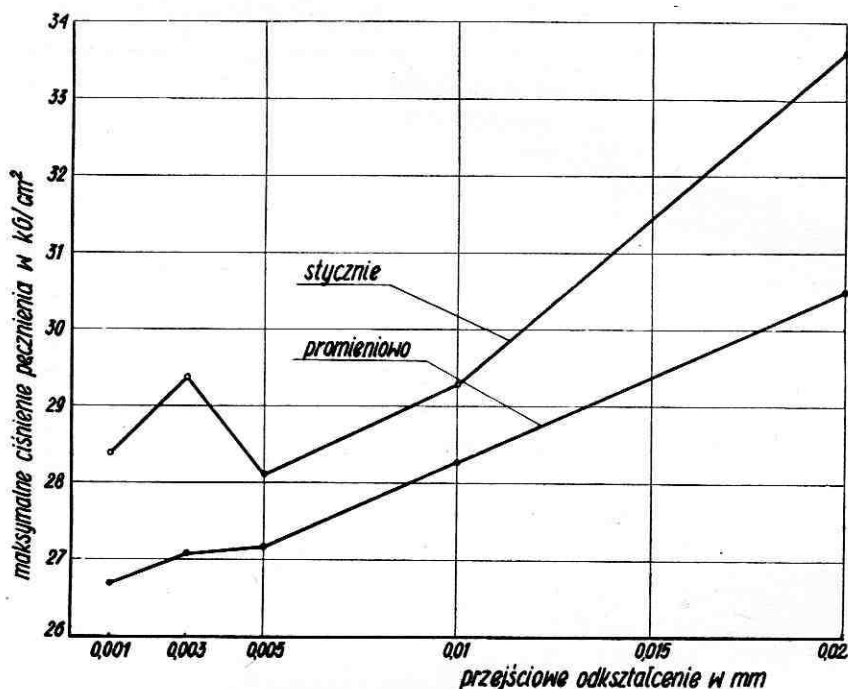
Przebieg ciśnienia pęcznienia w kierunku promieniowym zupełnie suchego drewna dębowego w wodzie o temperaturze 20° C, określonego metodą przyspieszoną przy zastosowaniu podciśnienia 150 mm Hg

Czas obserwacji min	Ciśnienie pęcznienia w kg/cm ² dla odkształceń przejściowych w mm				
	0,001	0,003	0,005	0,01	0,02
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	4,2	2,1	2,2	1,9	1,6
1	5,9	4,3	3,0	3,6	5,6
1,5	7,6	5,2	4,2	5,3	5,6
2	8,2	5,2	4,2	6,2	5,6
3	9,8	7,6	5,7	7,3	9,2
4	10,9	7,9	7,0	8,5	10,5
5	12,6	8,9	7,0	9,8	14,5
6	13,4	10,5	9,7	10,9	14,5
7	14,3	10,5	9,7	11,8	14,5
8	15,1	12,5	10,4	11,8	14,5
9	15,7	13,1	11,0	14,2	14,5
10	16,4	13,6	12,8	15,5	16,3
12	17,4	15,2	16,3	16,6	16,3
14	18,3	16,7	17,7	17,8	18,8
16	19,3	17,9	18,4	19,1	20,7
18	20,0	19,6	20,1	20,1	22,4
20	21,0	20,0	20,8	21,3	22,4
22	21,5	21,2	20,8	22,7	22,4
25	22,2	21,9	22,2	23,2	23,8
30	23,3	23,5	22,7	23,9	25,2
35	24,0	24,7	23,6	25,9	28,4
40	25,2	25,2	24,6	26,6	28,4
45	25,2	25,9	24,6	26,9	29,3
50	26,3	26,3	24,7	27,7	29,4
60	26,2	26,4	24,9	27,4	29,2
70	26,1	26,4	24,9	27,6	29,2
80	26,1	26,4	24,9	27,9	30,0
90	26,1	26,3	24,8	27,7	29,8

kształcenie przez spęcznienie powinno, jak już wspomniano, albo powodować obniżkę ciśnienia pęcznienia większą w miarę wzrostu odkształcenia, albo ze względu na swój charakter przejściowy nie powinno zmieniać ciśnienia pęcznienia.

Sprzeczność ta jest jednakże tylko pozorna, a uzyskane wyniki doświadczalne, zdaniem autora, potwierdzają słuszność teoretycznego przypuszczenia, że częściowe rozładowanie sił pęcznienia drewna na skutek odkształcenia przejściowego przez spęcznienia ma tak samo przejściowy charakter, jak i odkształcenie. Drugie bowiem z dwóch możliwych wyjaśnień, jakoby wypadkowa siła pęcznienia bryły rosła w miarę wzrostu odkształceń bryły przez spęcznienie, można określić tylko jako absurdalne.

Związany z przyrostem odkształcenia przejściowego przyrost ciśnienia pęcznienia musi więc mieć swoje źródło poza siłami pęcznienia drewna. Źródłem takim jest, zdaniem autora, ciśnienie mechaniczne potrzebne do sprasowania spęczniałej tkanki drewna.



Rys. 14. Wpływ wielkości odkształceń przejściowych na maksymalne ciśnienie pęcznienia drewna dębowego

Tym samym więc ciśnienie mechaniczne konieczne do likwidacji odkształceń przejściowych drewna przy oznaczaniu ciśnienia pęcznienia należy uważać za ciśnienie złożone:

a) z ciśnienia mechanicznego potrzebnego do zrównoważenia ulegającej tylko przejściowemu rozładowaniu wypadkowej siły pęcznienia, osiągającej swoją rzeczywistą wyjściową wartość natychmiast po zlikwidowaniu odkształcenia;

b) z ciśnienia mechanicznego potrzebnego do sprasowania spęczniałej tkanki drzewnej.

Ciśnienie mechaniczne potrzebne do sprasowania spęczniałej tkanki drzewnej trzeba określić jako dosyć duże, gdyż jak wykazał T. P e r k i t n y (25), aby przywrócić całkowicie spęczniałej próbce jej wymiar w stanie zupełnie suchym (w jednym kierunku), trzeba na nią wywrzeć ciśnienie prawie dwukrotnie większe niż ciśnienie pęcznienia. Na podstawie wyników uzyskanych w doświadczeniach nad wpływem przejściowych od-

kształceń na ciśnienie pęcznienia drewna trzeba jednak przyjąć, że przy oznaczaniu ciśnienia pęcznienia mechaniczne ciśnienie potrzebne do sprasowania częściowo spęczniałej tkanki drzewnej w granicach od 0,005 mm jest znikomo małe i że praktycznie nie istnieje. Zaczyna ono pojawiać się dopiero wtedy, gdy zachodzi konieczność sprasowania drewna w wielkości powyżej 0,005 mm i w miarę wzrostu tej wielkości rośnie dosyć znacznie. Jest to całkowicie do przyjęcia, jeśli się zważy, że przy spęcznieniu do 0,005 mm sprasowywanie tkanki następuje natychmiast po jej minimalnym spęcznieniu, a przy spęcznieniu tkanki do większych wartości sprasowywanie następuje już z pewnym opóźnieniem w stosunku do momentu rozpoczęcia się pęcznienia drewna.

Z uzyskanych wyników i z faktu konieczności stosowania, złożonego z dwóch wspomnianych ciśnień, ciśnienia mechanicznego do likwidacji przejściowych odkształceń drewna przy oznaczaniu ciśnienia pęcznienia można więc wyciągnąć następujące wnioski:

1) zastosowanie przy oznaczaniu ciśnienia pęcznienia odkształcenia przejściowego do 0,005 mm prowadzi do określenia rzeczywistego ciśnienia pęcznienia bryły drewna;

2) zastosowanie przy oznaczaniu ciśnienia pęcznienia odkształcenia przejściowego większego od 0,005 mm prowadzi do określenia tylko zbliżonego do rzeczywistego ciśnienia pęcznienia drewna.

Przeprowadzone badania i rozważania rzucają zupełnie nowe światło na ścisłość naukową metod oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna.

Wynika z nich bowiem, że:

1) metodami zezwalającymi na określenie rzeczywistego ciśnienia pęcznienia bryły drewna mogą być tylko metody zezwalające na zaistnienie w czasie pomiaru ciśnienia pęcznienia przejściowych odkształceń bryły nie większych od 0,005 mm;

2) metody tolerujące przy określaniu ciśnienia pęcznienia przejściowe odkształcenie bryły drewna większe od 0,005 mm zezwalają na określenie tylko zbliżonego do rzeczywistego ciśnienia pęcznienia zawsze większego od rzeczywistego ciśnienia pęcznienia drewna;

3) metody wymagające zaistnienia choćby najmniejszego trwałego odkształcenia drewna zezwalają na określenie tylko zbliżonego do rzeczywistego ciśnienia pęcznienia zawsze mniejszego od rzeczywistego ciśnienia pęcznienia drewna.

Faktycznie więc tylko metoda opracowana przez T. Perkitnego przy utrzymywaniu stałego wymiaru próbki z dokładnością do 0,005 mm, a nie z dokładnością do 0,01 mm, i metoda przyśpieszona zezwalają na oznaczenie rzeczywistego ciśnienia pęcznienia drewna. Metoda opracowana przez J. M. Iwanowa oraz metoda opracowana przez H. Tarkowa i D. Turnera, zakładające zaistnienie odkształceń trwałych, zezwalają zaś tylko na oznaczanie zbliżonego, mniejszego od rzeczywistego, ciśnienia pęcznienia drewna.

*

*

*

Na podstawie przeprowadzonych badań nad wpływem podciśnienia na ciśnienie pęcznienia drewna oraz nad wpływem wielkości przejściowych odkształceń na ciśnienie pęcznienia drewna trzeba stwierdzić, że metoda przyspieszonego oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna nie tylko zachowuje ścisłość naukową innych metod, ale je nawet pod tym względem przewyższa.

Na podstawie przeprowadzonych badań można umieszczony w „Metodyce badań“ przybliżony opis metody przyspieszonego oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna uzupełnić szczegółami. Ostatecznie więc metoda przyspieszona przewiduje kolejne wykonywanie następujących czynności:

1) umieszczenie prostopadłościenną próbkę w płaskodennym naczyniu zdolnym do utrzymania podciśnienia i zezwalającym na obciążenie próbki w maszynie wytrzymałościowej;

2) umieszczenie naczynia wraz z próbką w maszynie wytrzymałościowej i wstępne obciążenie próbki w obserwowanym kierunku k minimalną siłą, gwarantującą skontaktowanie próbki z zamykającymi ją w maszynie wytrzymałościowej podporą i naporą;

3) ustawienie nad próbką czujnika o najmniejszej dokładności wskazań 0,005 mm i skontaktowanie go z próbką w ten sposób, aby kontrolował wymiar próbki w kierunku k ;

4) wywołanie w naczyniu z próbką podciśnienia w granicach 300 do 150 mm Hg;

5) zalanie próbki cieczą i natychmiastowe zlikwidowanie podciśnienia;

6) mechaniczne hamowanie za pomocą maszyny wytrzymałościowej każdego przejściowego odkształcenia próbki na skutek spęcznienia w kierunku k najpóźniej w momencie, gdy odkształcenie osiąga wartość 0,005 mm;

7) odciążenie próbki najwcześniej w chwili, gdy czujnik wskaże zmniejszenie się wymiaru próbki w kierunku k o 0,005 mm.

IV. BADANIA NAD WPLYWEM NA CIŚNIENIE PĘCZNIENIA GATUNKU DREWNA ORAZ KIERUNKU ANATOMICZNEGO ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM KIERUNKU WZDŁUŻ WŁÓKIEN

W dotychczasowych badaniach nad ciśnieniem pęcznienia drewna, prowadzonych nawet wyłącznie w celu określenia anizotropii tego ciśnienia, pomijano oznaczanie ciśnienia pęcznienia drewna wzdłuż włókien¹.

¹ Poza jedynym wypadkiem, w którym, jak wspomniano poprzednio, T. Perkitny oznaczył ciśnienie pęcznienia wzdłuż włókien 3 próbek bielu sosnowego.

Główną tego przyczynę stanowi prawdopodobnie znikome pęcznienie drewna wzdłuż włókien. Na skutek nieznacznego pęcznienia drewna wzdłuż włókien przypuszcza się, że jego ciśnienie pęcznienia w tym kierunku musi być również niewielkie i tym samym nie może mieć większego znaczenia. Takie właśnie stanowisko zajmują między innymi H. Tarkow i D. Turner (44), którzy dążąc do określenia całkowitego, objętościowego ciśnienia pęcznienia wyznaczają je tylko z kierunków poprzecznych i świadomie pomijają kierunek wzdłuż włókien, przez co, ich zdaniem nie popełniają większego błędu. Na skutek znikomego pęcznienia drewna wzdłuż włókien rosną również trudności przy oznaczaniu ciśnienia pęcznienia, a nawet ujawnia się nieprzydatność niektórych metod do oznaczania ciśnienia pęcznienia w tym kierunku. Zdaniem J. Raczkońskiego (33) na przykład metoda opracowana przez J. M. Iwanowa nie nadaje się do oznaczania ciśnienia pęcznienia wzdłuż włókien, ze względu na konieczne dla niej zaistnienie stosunkowo dużego trwałego odkształcenia drewna przez spęcznienie.

Na skutek znikomego pęcznienia drewna wzdłuż włókien rodzaj i dokładność obróbki płaszczyzn czołowych próbek musi wywierać wyraźny wpływ na ciśnienie pęcznienia wzdłuż włókien.

O stanie płaszczyzn próbek decyduje nie tylko staranność obróbki, ale i jej rodzaj. Płaszczyzny boczne uzyskują zadowalającą jakość do oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna w poprzek włókien przy obróbce przez struganie zarówno ręczne, jak i mechaniczne. Płaszczyzny czołowe próbek przeznaczonych do różnych badań obrabia się jednak zwykle przez piłowanie mechaniczne, zwracając uwagę na to, aby otrzymać prawidłową (nie zwichrowaną) płaszczyznę leżącą dokładnie prostopadle do osi próbki. Ten rodzaj obróbki całkowicie wystarcza przy obróbce próbek przeznaczonych do badań własności mechanicznych drewna wzdłuż włókien. Najbardziej prostopadła do osi próbki i geometrycznie prawidłowa płaszczyzna czołowa obrobiona przez zwykle piłowanie nigdy jednakże, a zwłaszcza w drewnie iglastym, nie jest gładką lecz wykazuje chropowatość spowodowaną częściowym rozrywaniem włókien przez ostrze narzędzia. Te wystające części włókien są przyginane podczas oznaczania ciśnienia przez naciskające na płaszczyznę próbki części aparatury pomiarowej i tworzą nieregularne skupiska o poprzecznym przebiegu włókien w stosunku do podłużnej osi próbki. W ten sposób może nie dochodzić do styku całej płaszczyzny przekroju poprzecznego próbki z aparaturą, lecz tylko do styku punktowego za pośrednictwem owych skupisk włókien poprzecznie ułożonych. Ponieważ drewno pęcznieje wzdłuż włókien minimalnie, jego więc siła pęcznienia w tym kierunku musi ulegać bardzo poważnemu rozładowaniu zanim próbka przez spęcznienie zlikwiduje nierówności płaszczyzny i zacznie całą płaszczyznę stykać się z aparaturą pomiarową. W pewnych wypadkach może jednak w ogóle nie nastąpić zetknięcie się całej powierzchni przekroju próbki z aparaturą, co w jeszcze

większym stopniu prowadziłyby do uzyskania fałszywych wyników pomiaru, a mianowicie do obniżenia rzeczywistego ciśnienia pęcznienia.

Oznaczanie więc ciśnienia pęcznienia drewna wzdłuż włókien wymaga zastosowania sposobu obróbki powierzchni czołowej próbek dającego całkowicie gładką powierzchnię pozbawioną części porozrywanych włókien oraz stosowania nadzwyczaj starannej obróbki, dającej geometrycznie prawidłową płaszczyznę, bez najmniejszych oznak zwichrowania, załamania czy zaokrąglenia krawędzi, wypukłości, wklęsłości itd.

Na skutek szczelnego zasłonięcia płaszczyzn czołowych, przewodzenie wilgoci w próbce badanej na ciśnienie pęcznienia wzdłuż włókien może się odbywać głównie w poprzek włókien, a więc znacznie wolniej aniżeli w próbce badanej na ciśnienie pęcznienia w poprzek włókien. W wypadku więc zastosowania próbki o jednakowych wymiarach wysokości i przekroju poziomego do określania ciśnienia pęcznienia zarówno w poprzek, jak i wzdłuż włókien, czas trwania próby oznaczenia ciśnienia pęcznienia wzdłuż włókien musiałby trwać kilka, a nawet kilkanaście razy dłużej od czasu trwania próby w poprzek włókien. Czas ten można skrócić w dwójki sposób:

1) przez użycie metody przyspieszonej z zastosowaniem niższego podciśnienia aniżeli przy oznaczaniu ciśnienia pęcznienia drewna w poprzek włókien;

2) przez zastosowanie próbek o mniejszym przekroju poprzecznym aniżeli próbki do oznaczania ciśnienia pęcznienia w poprzek włókien.

W niniejszej pracy postanowiono wykorzystać obydwaj sposoby.

1. Badania wstępne.

Określenie wpływu wielkości przekroju poprzecznego na maksymalne ciśnienie pęcznienia drewna wzdłuż włókien oraz na czas jego wystąpienia

W celu sprawdzenia, jak przebiega pomiar ciśnienia pęcznienia drewna wzdłuż włókien przy zastosowaniu stosunkowo niskiego podciśnienia oraz jak wpływa wielkość przekroju poprzecznego próbki na czas trwania próby oznaczenia ciśnienia pęcznienia drewna wzdłuż włókien, wykonano pomiar ciśnienia pęcznienia drewna bukowego.

Ponieważ ciśnienie pęcznienia drewna w poprzek włókien przyjęto oznaczać na próbkach o wysokości 3 cm i przekroju poziomym $3 \times 2 = 6 \text{ cm}^2$, dla próbek do oznaczania ciśnienia pęcznienia wzdłuż włókien postanowiono zachować wysokość 3 cm, a za największy z przekrojów poziomych przyjąć przekrój o powierzchni $3 \times 2 = 6 \text{ cm}^2$.

Z powietrznie suchego bala bukowego wyrobiono 10 beleczek o przekroju poprzecznym $2,2 \times 3,4 \text{ cm}$. Beleczki pocięto na próbki o długości 3 cm, które posegregowano na 6 grup w ten sposób, że w każdej grupie znajdowało się 10 próbek pochodzących każda z innej beleczki.

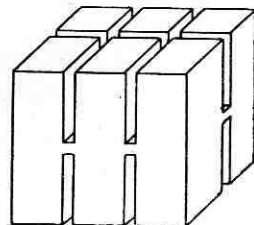
W ten sposób zachowano podobieństwo między wszystkimi grupami próbek.

Następnie wszystkie powierzchnie czołowe próbek poddano starannej obróbce przez mechaniczne szlifowanie ostrym, ale drobnym papierem ściernym aż do uzyskania całkowicie gładkiej i geometrycznie prawidłowej płaszczyzny, na której wyraźnie zaznaczał się rysunek drewna.

Z kolei przystąpiono do formowania różnej wielkości przekroju poprzecznego poszczególnych grup próbek według schematu, który przewidywał dla grupy próbek o numerze 4, a więc pochodzących ze środka długości beleczek, powierzchnię przekroju około 6 cm^2 ; dla grup próbek o numerach 3 i 5 — powierzchnię przekroju około 3 cm^2 ; dla grup próbek o numerach 2 i 6 — powierzchnię przekroju około $1,5 \text{ cm}^2$; dla grupy próbek o numerze 1 — powierzchnię przekroju około 1 cm^2 .

Próbka o najmniejszym przekroju 1 cm^2 nie budzi wprawdzie obaw co do jej wytrzymałości na wyboczenie, jest jednak mało stateczna i wymagałaby jakiegoś podtrzymania do momentu jej obciążenia. Z powodu małej stateczności próbki trudno byłoby również dokonać jej obciążenia ściśle wzdłuż osi.

Aby uniknąć tych niedogodności, postanowiono zamiast 1 próbki stosować zespół 6 próbek o łącznej powierzchni $6 \times 1 = 6 \text{ cm}^2$ (rys. 15), i to nie oddzielnie stojących, ale połączonych w jedną całość. Pozostawienie między poszczególnymi próbkami partii drewna łączących je w całość zapewnia stykanie się wszystkich 6 przekrojów poprzecznych całą ich powierzchnią z przegubowo osadzoną, naciskającą częścią aparatury, nawet jeśli kąt między przekrojem poprzecznym a osią pionową próbki jest różny od prostego. Gdyby z jednej próbki dużej wyrobić przez jej rozpiłowanie 6 próbek małych i ustawić je w odległościach od siebie a różnych od szerokości rzazu s , to przy niecałkowitej prostopadłości przekroju

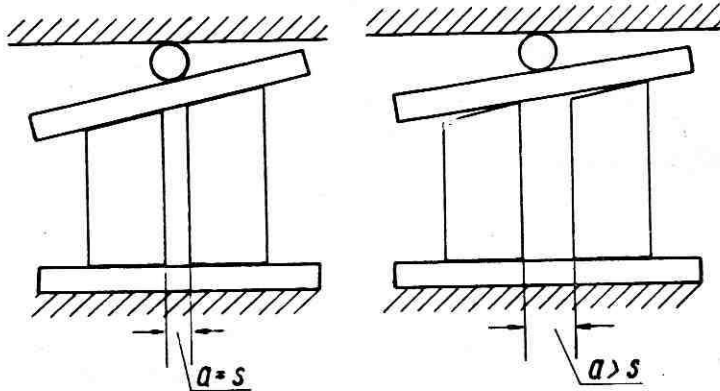


Rys. 15. Zespół 6 próbek połączonych w połowie wysokości

poprzecznego do pionowej osi próbki zaistniałby tylko styk częściowy, co ilustruje rys. 16.

Taki sposób łączenia próbek ma więc tę zaletę, że eliminuje możliwość zaistnienia błędu pomiarowego na skutek nieprawidłowego ustawienia próbki w aparaturze pomiarowej, jednak budzi pewne zastrzeżenia natury teoretycznej. Mimo bowiem wykonania nacięć próbek w tych samych

plaszczynach pionowych i mimo oddziaływania na aparaturę pomiarową wyłącznie pionowych sił pęcznienia próbek, te pionowe siły pęcznienia poszczególnych próbek teoretycznie mogą być zniekształcone przez siły pęcznienia partii drewna łączących próbki. Zniekształcenie to może jednak następować tylko w bardzo nieznacznym stopniu, gdyż nie ulega wątpliwości, że większość sił pęcznienia minimalnych ilości drewna łącza-



Rys. 16. Wpływ wielkości odstępu a między próbkami na kontaktowanie się ich płaszczyn czołowych z aparaturą pomiarową

cego próbki musi ulec rozładowaniu, na skutek prawie swobodnego ich spęcznienia, zaledwie w minimalnym stopniu ograniczonego przez przyległe próbki. Zastosowany sposób łączenia próbek nie powinien więc wywierać wpływu na ciśnienie pęcznienia, a zaobserwowany wynik dla dużej próbki (zespołu próbek) można z pewnymi zastrzeżeniami teoretycznymi przyjąć za ciśnienie pęcznienia próbki o małym przekroju.

W celu sprawdzenia jednak, jak przewidziany sposób łączenia próbek o małym przekroju w próbkę dużą może wpływać na ciśnienie pęcznienia drewna, postanowiono ciśnienie pęcznienia dla próbek o przekroju około 1,5 i około 3,0 cm² określać na próbkach połączonych i na próbkach oddzielnych. Dla celów porównawczych oraz ze względu na małą stateczność oddzielnej próbki o przekroju około 1,5 cm² każdy pomiar ciśnienia pęcznienia oddzielnych próbek postanowiono przeprowadzić jednocześnie na tyłu oddzielnych próbkach, z ilu składała się próbka połączona, podobnie jak to czyni J. M. Iwanow w swoich badaniach przy określaniu ciśnienia pęcznienia drewna w poprzek włókien.

Wszystkie pomiary ciśnienia pęcznienia drewna przeprowadzono metodą przyspieszoną z zastosowaniem podciśnienia 150 mm Hg, przy temperaturze wody nawilżającej 20°C, na próbkach o wilgotności początkowej $W_p = 0\%$.

Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 6 i zilustrowano na rys. 17.

Tabela 6

Wpływ kształtu próbek na maksymalne ciśnienie pęcznienia wzdłuż włókien i czas potrzebny do jego wystąpienia. (Wartości średnie arytmetyczne dla drewna bukowego nawilżanego w wodzie o temperaturze 20° C)

Kształt próbki	Maksymalne ciśnienie pęcznienia		Czas potrzebny do wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia min
	kg/cm ²	współczynnik zmienności %	
Graniastosłup o przekroju czołowym ok. 6 cm ²	14,6	32,1	84
Dwa oddzielne graniastosłupy o przekroju czołowym ok. 3 cm ² każdy	16,2	27,8	52
Dwa połączone graniastosłupy o przekroju czołowym ok. 3 cm ² każdy	15,4	22,0	64
Cztery oddzielne graniastosłupy o przekroju czołowym ok. 1,5 cm ² każdy	12,8	34,4	15
Cztery połączone graniastosłupy o przekroju czołowym ok. 1,5 cm ² każdy	12,9	13,2	27
Sześć połączonych graniastosłupów o przekroju czołowym ok. 1 cm ² każdy	12,6	13,5	25

Z tabeli i z rysunków wynika, że:

1) dla próbki o przekroju poziomym 6 cm², mimo zastosowania niskiego podciśnienia, czas trwania próby określony czasem wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia jest długi; w porównaniu z wynikami uzyskanymi w poprzednich rozdziałach pracy dla ciśnienia pęcznienia drewna bukowego w poprzek włókien czas ten okazuje się około dwudziestokrotnie dłuższy;

2) na skutek zmniejszenia przekroju poziomego próbki od 6 do 1 cm² czas trwania próby określony czasem wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia maleje silnie w miarę zmniejszania powierzchni przekroju próbki do 1,5 cm² i tylko nieznacznie od 1,5 do 1,0 cm²;

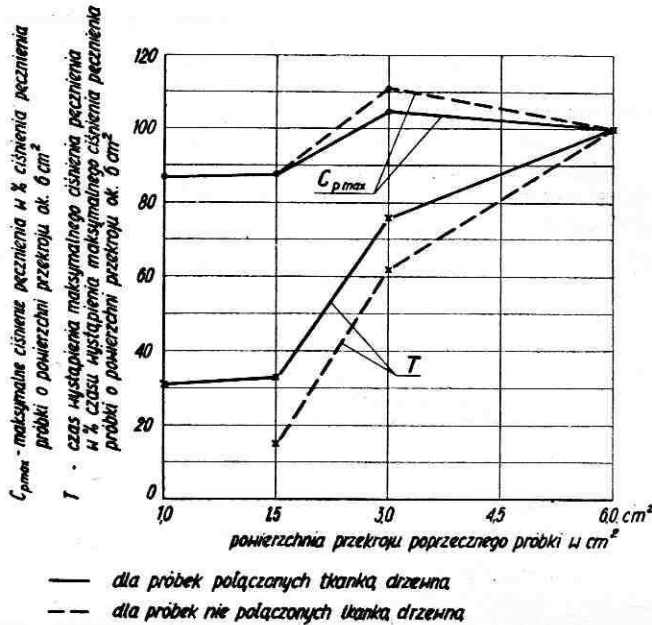
3) czas trwania próby określony czasem wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia dla próbek połączonych jest zawsze dłuższy od czasu trwania próby dla oddzielnych próbek;

4) na skutek zmniejszania przekroju poziomego próbki od 6 do 1 cm² maksymalne ciśnienie pęcznienia drewna wzrasta dla przekroju 3 cm², a maleje dla przekrojów 1,5 i 1 cm²;

5) maksymalne ciśnienie pęcznienia próbek połączonych, dla przekroju 3 cm² jest nieco mniejsze, a dla przekroju 1,5 cm² takie same jak próbek oddzielnych; dosyć niespodziewany wzrost maksymalnego ciśnienia pęcznienia próbek oddzielnych dla przekroju 3 cm² można jednak przyjąć za przypadkowy (partie drewna łączące próbki powinny raczej wspomagać ich siły pęcznienia, a nie obniżać) i możliwy w ramach rozrzutu;

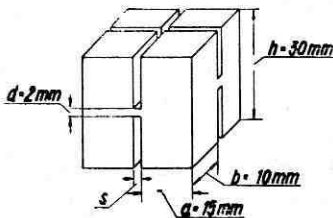
6) maksymalne ciśnienie pęcznienia próbek o przekroju 1 cm² jest praktycznie takie same jak próbek o przekroju 1,5 cm².

Na podstawie wyników uzyskanych w badaniach oraz biorąc pod uwagę stronę techniczną wykonywanych badań, za optymalną do pomiarów ciśnienia pęcznienia drewna wzdłuż włókien uznano próbkę połączoną z 4 próbek o przekroju $1,5 \text{ cm}^2$. Próbkę tę postanowiono zastosować do



Rys. 17. Wpływ wielkości przekroju poprzecznego próbki na maksymalne ciśnienie pęcznienia drewna wzdłuż włókien i na czas jego wystąpienia, zaobserwowane dla zupełnie suchego drewna bukowego nawilżanego w wodzie o temperaturze 20°C (dla metody przyspieszonej z zastosowaniem podciśnienia 150 mm Hg)

dalszych badań nad ciśnieniem pęcznienia drewna wzdłuż włókien. Przedstawiono ją na rys. 18. Połączenie członów próbki nie powoduje żadnych zmian przekazywanej na aparaturę pomiarową siły pęcznienia, na skutek



Rys. 18. Próbką do oznaczeń ciśnienia pęcznienia drewna wzdłuż włókien; s — szerokość rządu piły

czego przy obliczaniu ciśnienia pęcznienia próbki należy uwzględnić tylko jej powierzchnię kontaktującą się z aparaturą pomiarową.

2. Badania właściwe.

Określenie wpływu gatunku oraz trzech głównych kierunków anatomicznych na ciśnienie pęcznienia drewna

Spośród ważniejszych krajowych gatunków drewna badaniom poddano 14 gatunków, a mianowicie: sosną pospolitą (biel i twardziel), świerk, modrzew, daglezję, dąb, jesion, buk, brzozę, grab, olchę, klon, jawor, lipę i wierzbę.

Z powietrznie suchego drewna tych gatunków przygotowano po dwie beleczki o słojach rocznych zorientowanych równolegle do jednego z boków: po jednej o wymiarach przekroju 3×3 cm oraz po jednej o wymiarach przekroju $3,3 \times 2,2$ cm. Beleczki wyrabiano w ten sposób, że obejmowały zawsze słoje przyrostów z tych samych lat. Beleczki o przekroju 3×3 cm poprzecinano następnie poprzecznie na próbki o wymiarze wzdłuż włókien 2 cm, numerując je według położenia w beleczce, a beleczki o przekroju $3,2 \times 2,2$ cm poprzecinano poprzecznie na próbki o wymiarze wzdłuż włókien 3 cm. Próbki o wymiarze wzdłuż włókien 2 cm i o przekroju poprzecznym 3×3 cm przeznaczono do oznaczania ciśnienia pęcznienia w poprzek włókien: w kierunku stycznym — próbki o kolejnych numerach nieparzystych, w kierunku promieniowym — próbki o kolejnych numerach parzystych. Próbki o wymiarze wzdłuż włókien 3 cm i przekroju poprzecznym $3,2 \times 2,2$ cm przeznaczono do oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna wzdłuż włókien. Powierzchnie czołowe tych próbek poddano mechanicznemu szlifowaniu papierem ściernym. Następnie od strony płaszczyzn czołowych wykonano na próbkach głębokie nacięcia krzyżowe, przez co otrzymały postać próbki zilustrowanej na rys. 18.

Pomiary ciśnienia pęcznienia przeprowadzono na drewnie zupełnie suchym nawilżanym w wodzie o temperaturze 20°C , stosując opisaną uprzednio przyspieszoną metodę.

Bezpośrednio po ukończeniu pomiaru ciśnienia pęcznienia poszczególnych próbek, określano ich wilgotność $W_{C_{max}}$ metodą suszarkowo-wagową.

Dla charakterystyki drewna wszystkich badanych gatunków określono jego ciężar właściwy w stanie zupełnie suchym, posługując się do oznaczenia objętości poszczególnych próbek przyrządem Breuilla.

Uzyskane w doświadczeniach wyniki zestawiono w tabelach 7, 8 i 9.

T. Perkitny (25), J. M. Iwanow (10, 11) i J. Raczkowski (33) w swoich badaniach nad ciśnieniem pęcznienia różnych gatunków drewna w kierunkach poprzecznych wykazali, że:

1) istnieje duża rozpiętość między ciśnieniem pęcznienia poszczególnych gatunków;

2) ciśnienie pęcznienia dla niektórych gatunków w kierunku promieniowym jest większe aniżeli w kierunku stycznym; najmniejsze ciśnienie pęcznienia wykazuje drewno w kierunku pośrednim między kierunkiem

Tabela 7

Ciśnienie pęcznienia różnych gatunków drewna w kierunku stycznym w wodzie o temperaturze 20° C

Gatunek drewna	Maksymalne ciśnienie pęcznienia		Czas potrzebny do wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia min	Wilgotność drewna w chwili wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia %
	kG/cm ²	współczynnik zmienności %		
Sosna - biel	13,2	9,1	11	19,0
Sosna - twardeł	14,9	14,8	2	85,8
Świerk	14,9	14,1	1	60,8
Modrzew	20,1	8,0	58	68,7
Daglezja	17,3	11,6	9	73,4
Dąb	23,0	16,5	13	59,9
Jesion	27,1	4,8	36	58,2
Buk	32,0	14,4	7	49,2
Brzoza	16,4	6,1	3	49,7
Grab	42,2	9,5	2	36,2
Olcha	14,0	16,4	15	79,8
Klon	19,7	9,6	1	55,7
Jawor	17,7	7,4	3	45,9
Lipa	10,7	8,4	1	69,0
Wierzba	8,9	11,2	1	80,8

Tabela 8

Ciśnienie pęcznienia różnych gatunków drewna w kierunku promieniowym w wodzie o temperaturze 20° C

Gatunek drewna	Maksymalne ciśnienie pęcznienia		Czas potrzebny do wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia min	Wilgotność drewna w chwili wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia %
	kG/cm ²	współczynnik zmienności %		
Sosna - biel	6,6	12,1	12	80,5
Sosna - twardeł	8,0	22,5	2	90,7
Świerk	9,4	12,8	1	69,5
Modrzew	11,2	10,7	4	57,5
Daglezja	12,3	9,8	2	63,3
Dąb	24,2	9,1	37	76,9
Jesion	26,6	6,8	3	41,1
Buk	33,8	14,8	4	56,1
Brzoza	25,4	3,9	1	49,2
Grab	45,4	7,0	8	40,2
Olcha	12,9	12,4	23	84,4
Klon	28,2	10,3	1	66,5
Jawor	27,3	7,7	2	40,7
Lipa	12,5	6,4	1	67,3
Wierzba	13,8	8,0	1	84,6

Tabela 9

**Ciśnienie pęcznienia różnych gatunków drewna wzdłuż włókien w wodzie
o temperaturze 20° C**

Gatunek drewna	Maksymalne ciśnienie pęcznienia		Czas potrzebny do wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia min	Wilgotność drewna w chwili wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia %
	kG/cm ²	współczynnik zmienności %		
Sosna - biel	3,1	29,0	22	60,1
Sosna - twarde	8,0	20,0	10	85,8
Świerk	4,0	40,0	7	72,8
Modrzew	4,5	26,7	32	49,9
Daglezja	3,7	46,0	21	73,5
Dąb	17,9	8,4	34	57,0
Jesion	19,0	23,2	60	54,4
Buk	12,9	13,2	27	79,7
Brzoza	33,7	9,2	2	76,5
Grab	22,7	11,0	11	67,2
Olcha	11,7	15,4	1	141,6
Klon	24,4	14,3	10	80,8
Jawor	13,7	28,5	27	82,1
Lipa	5,1	25,5	1	123,7
Wierzba	5,5	29,1	2	119,5

stycznym i promieniowym, tj. dla wartości kąta $\delta = 45^\circ$ ¹ [podobnie jak własności mechaniczne (7, 32)];

3) istnieje wyraźna zależność między ciśnieniem pęcznienia a innymi zarówno fizycznymi, jak i mechanicznymi własnościami drewna.

Wyniki badań niniejszej pracy potwierdzają w zasadzie te spostrzeżenia i uzupełniają je spostrzeżeniami o ciśnieniu pęcznienia wzdłuż włókien.

Analiza tabel 7, 8 i 9 wykazuje, że:

1) ciśnienie pęcznienia drewna wzdłuż włókien, mimo nieznacznego pęcznienia drewna w tym kierunku, jest duże, a u niektórych gatunków osiąga nieoczekiwanie wysokie wartości;

2) drewno gatunków liściastych wykazuje anizotropię ciśnienia pęcznienia odrębną od anizotropii pęcznienia i kurczenia się oraz anizotropii własności mechanicznych. Ponadto kierunek tej anizotropii jest różny dla różnych gatunków. Ciśnienie pęcznienia niektórych gatunków:

a) jest największe w kierunku podłużnym, mniejsze w kierunku promieniowym, najmniejsze w kierunku stycznym (brzoza);

b) jest największe w kierunku promieniowym, mniejsze w kierunku stycznym, najmniejsze w kierunku podłużnym (dąb, buk, grab, jawor, lipa, wierzba);

¹ Przez kąt δ określa się zwykle kąt powstały w płaszczyźnie poprzecznej bryły drewna między kierunkiem pomiaru a kierunkiem stycznym.

c) jest największe w kierunku stycznym, mniejsze w kierunku promieniowym, a najmniejsze w kierunku podłużnym (jesion, olcha).

Duże ciśnienie pęcznienia drewna wzdłuż włókien przy jednoczesnym nieznacznym pęcznieniu w tym kierunku oraz duże ciśnienie pęcznienia w poprzek włókien przy dużym pęcznieniu w tym kierunku wskazują na istnienie anizotropii ciśnienia pęcznienia drewna wszystkich gatunków, zarówno iglastych, jak i liściastych, zgodnej z anizotropią własności mechanicznych drewna, jeśli ciśnienie pęcznienia wyrazi się na jednostkę spęcznienia drewna. W celu wykazania tego sporządzono tabelę 10, w której podano stosunek maksymalnego ciśnienia pęcznienia $C_{p\ max}$ do stopnia maksymalnego spęcznienia drewna a_{max} . Wartości maksymalnego ciśnienia pęcznienia przyjęto z przeprowadzonych pomiarów, a wartości maksymalnego spęcznienia przez przeliczenie podawanych w literaturze (19) stopni maksymalnego skurczenia drewna.

Jak wynika z tabeli 10, ciśnienie pęcznienia przypadające na jednostkę spęcznienia drewna jest najmniejsze w kierunku stycznym. W kierunku promieniowym dla iglastych jest nieznacznie, a dla liściastych wyraźnie większe aniżeli w kierunku stycznym. Największe jednak, kilka a nawet kilkanaście razy większe od ciśnienia przypadającego na jednostkę spęcznienia zarówno w kierunku stycznym, jak i promieniowym, jest w kierunku podłużnym. Ta anizotropia ciśnienia pęcznienia przypadającego na jednostkę spęcznienia, na skutek bardzo dużego podobieństwa do anizotropii własności mechanicznych, wskazuje na to, że ciśnienie pęcznienia jest własnością drewna zbliżoną bardziej do własności mechanicznych aniżeli do własności fizycznych.

Ciśnienie pęcznienia drewna jest znacznie zróżnicowane w obrębie gatunku w zależności od poszczególnych głównych kierunków anatomicznych. Zależność ta jest przy tym różna u różnych gatunków. Dlatego też ogólne scharakteryzowanie zdolności poszczególnych gatunków do wywierania ciśnienia pęcznienia, a tym bardziej ułożenie poszczególnych gatunków w szereg według zdolności do wywierania ciśnienia pęcznienia, jest niemożliwe przy porównywaniu wartości ciśnienia pęcznienia podanych w tabelach 7, 8 i 9. W związku z tym przyjęto zdolność gatunku do wywierania ciśnienia pęcznienia określić przez wskaźnik obliczony jako średnia arytmetyczna maksymalnego ciśnienia pęcznienia gatunku dla branych pod uwagę kierunków anatomicznych. Tak przyjęty wskaźnik jest zatem wartością umowną, która, choć wyrażona w kG/cm^2 , to jednak tylko względnie charakteryzuje zdolność drewna do wywierania ciśnienia pęcznienia, a nie określa bezwzględnie jego ciśnienia pęcznienia. Ze względu na obecny, niewystarczający stan badań nad ciśnieniem pęcznienia drewna wskaźnik ten może oddać nawet pewne usługi praktyczne. Drewno bowiem zastosowane w konstrukcji nie zawsze wywiera ciśnienie pęcznienia dokładnie w którymś z zasadniczych kierunków anatomicznych, a najczęściej w którymś z kierunków pośrednich, zawartych między kie-

runkami zasadniczymi. Kierunek ten jest zwykle przypadkowy, z góry nie przewidziany. Ciśnienie pęcznienia w kierunkach pośrednich, to znaczy zawartych między kierunkiem promieniowym i stycznym oraz między kierunkami podłużnym i poprzecznymi, jak należy przypuszczać (7, 33) będzie się znacznie różniło od ciśnienia pęcznienia w kierunkach głównych i, zdaniem autora, będzie znajdowało się w bliższej zależności od przyjętego wskaźnika zdolności drewna do wywierania ciśnienia pęcznienia aniżeli od jego ciśnienia pęcznienia w którymś z zasadniczych kierunków anatomicznych.

Tabela 10

Wpływ gatunku i kierunku anatomicznego na ciśnienie pęcznienia przypadające na jednostkę spęcznienia drewna

Gatunek drewna	Ciśnienie pęcznienia przypadające na jednostkę spęcznienia drewna kG/cm ² /%		
	stycznie	promieniowo	podłużnie
Sosna - biel	1,6	1,6	7,3
Sosna - twardziel	1,8	1,9	20,0
Świerk	1,8	2,5	13,3
Modrzew	2,4	3,0	15,0
Dąb	2,7	5,8	44,8
Jesion	3,1	5,0	95,0
Buk	2,4	5,5	43,0
Brzoza	2,0	4,5	56,2
Grab	3,2	6,2	45,4
Olcha	1,8	2,7	23,4
Klon	2,1	8,3	48,8
Jawor	2,0	8,8	27,4
Lipa	1,0	2,2	17,0
Wierzba	1,2	3,5	11,0

Tabela 11

Wpływ gatunku drewna na zdolność do wywierania ciśnienia pęcznienia

Gatunek drewna	Ciężar właściwy przy wilgotności 0% G/cm ³	Wskaźnik zdolności do wywierania ciśnienia pęcznienia kG/cm ²	
		w kierunku poprzecznym	ogólny
Olcha	0,451	13,2	12,7
Świerk	0,455	12,2	9,4
Wierzba	0,497	11,4	9,4
Sosna - biel	0,515	9,9	7,6
Lipa	0,516	11,6	9,4
Klon	0,549	23,5	23,8
Dąb	0,575	23,6	21,7
Daglezja	0,598	14,8	11,1
Sosna - twardziel	0,622	11,5	10,3
Modrzew	0,650	15,7	11,9
Jawor	0,654	22,5	19,6
Brzoza	0,674	20,9	25,2
Grab	0,686	53,8	36,8
Jesion	0,715	26,9	24,2
Buk	0,783	32,9	29,6

Obliczone dla badanych gatunków wskaźniki zdolności do wywierania ciśnienia pęcznienia zestawiono w tabeli 11, w której kolejność gatunków przyjęto według wzrastającego ciężaru właściwego.

Analiza tabeli wykazuje, że:

1) według ogólnego wskaźnika zdolności do wywierania ciśnienia pęcznienia, tj. obliczonego dla 3 głównych kierunków anatomicznych, badane krajowe gatunki drewna układają się w następującej kolejności, poczynając od gatunku o najmniejszej zdolności do wywierania ciśnienia pęcznienia: sosna biel, wierzba, świerk i lipa, sosna twardziel, daglezja, modrzew, olcha, jawor, dąb, klon, jesion, brzoza, buk, grab; w takiej też

przeprowadzić jedną krzywą wyrównaną. Jak widać z rys. 19, zdolność drewna do wywierania ciśnienia pęcznienia wyrażona wskaźnikiem jest w przybliżeniu proporcjonalna do ciężaru właściwego drewna i można ją wyrazić równaniem $y = 70,4 x - 24,18$.

Na podstawie tabel 7, 8 i 9 sporządzono jeszcze tabelę 12, w której dla rodzajów drewna zestawiono skrajne i przeciętne czasy wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia. Tabela 12 zezwala na wyciągnięcie praktycznego wniosku o czasie trwania próby pomiaru ciśnienia pęcznienia, ponieważ jest on stosunkowo tylko nieco dłuższy od czasu wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia drewna.

Tabela 12

Wpływ rodzaju i kierunku anatomicznego drewna na czas trwania próby oznaczenia ciśnienia pęcznienia drewna

Rodzaj drewna	Czas trwania próby pomiaru ciśnienia pęcznienia drewna określony czasem wystąpienia maksymalnego ciśnienia pęcznienia w min			
	stycznie	promieniowo ¹	podłużnie ²	średnio
Iglaste	1—16—58	1—4—12	7—18—32	1—13—58
Liściaste rozpięchło-naczyniowe	0,3—2—7	0,3—2—8	1—10—27	0,3—5—27
Liściaste pierścieniowo-naczyniowe	13—25—36	3—20—37	17—39—60	3—28—60
Średnio	0,3—14—58	0,3—9—37	1—22—60	

¹ Dla próbki o wysokości 3 cm i przekroju poziomym 3 × 2 cm.

² Dla próbki o wysokości 3 cm i przekroju poziomym 1,5 × 1 cm.

Analiza tabeli 12 wykazuje, że na przeprowadzenie próby pomiaru ciśnienia pęcznienia przeciętnie potrzeba czasu:

- najkrótszego — dla liściastych rozpięchłonaczyniowych,
- dłuższego — dla iglastych,
- najdłuższego — dla liściastych pierścieniowonaczyniowych,
- najkrótszego — dla kierunku promieniowego,
- dłuższego — dla kierunku stycznego,
- najdłuższego — dla kierunku podłużnego.

Rozpiętość czasu trwania próby pomiaru ciśnienia pęcznienia od około 0,3 min. dla drewna olchowego w kierunku stycznym i promieniowym do około 60 min. dla drewna jesionowego w kierunku podłużnym pozwala również ogólnie stwierdzić, że na skutek zastosowania metody przyspieszonej oznaczanie ciśnienia pęcznienia ulega przesunięciu z grupy czasochłonnych i tym samym kłopotliwych prób do grupy prób nie stwarzających większych trudności pomiarowych.

WNIOSKI

Przeprowadzone próby doświadczalne oraz analiza teoretyczna metod oznaczania ciśnienia pęcznienia a także zjawisk występujących podczas

oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna, zezwalają na sformułowanie następujących głównych wniosków:

1. Szybkość nawilżania się drewna w tym samym środowisku nawilżającym nie wpływa na wielkość ciśnienia pęcznienia bryły drewna, lecz tylko na czas jego pojawienia się.

2. Środowisko nawilżające wywiera wpływ na wielkość ciśnienia pęcznienia bryły drewna.

3. Rzeczywiste ciśnienie pęcznienia bryły drewna można oznaczyć tylko przez stosowanie metod przewidujących przejściowe, a nie trwałe, odkształcenia drewna przez spęcznienie w obserwowanym kierunku, przy czym przejściowe odkształcenia nie powinny przekraczać 0,005 mm.

4. Metoda przyspieszona zezwala na oznaczenie rzeczywistego ciśnienia pęcznienia bryły drewna, w odróżnieniu od innych dotychczasowych metod, które zezwalają tylko na oznaczenie ciśnienia pęcznienia zbliżonego do rzeczywistego.

5. Metoda przyspieszona skraca kilkadziesiątkrotnie czas oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna w porównaniu z innymi metodami.

6. Metoda przyspieszona umożliwia oznaczanie ciśnienia pęcznienia drewna w sposób nie stwarzający większych trudności pomiarowych.

Wyniki uzyskane przy oznaczaniu ciśnienia pęcznienia różnych gatunków drewna w kierunku stycznym, promieniowym i podłużnym, zezwalają na sformułowanie następujących głównych wniosków:

1. Ciśnienie pęcznienia drewna wzdłuż włókien, mimo nieznacznego pęcznienia drewna w tym kierunku, jest duże, a u niektórych gatunków osiąga nieoczekiwanie wysokie wartości.

2. Zdolność poszczególnych gatunków do wywierania ciśnienia pęcznienia jest bardzo różna.

3. Istnieje duża zależność między zdolnością do wywierania ciśnienia pęcznienia a ciężarem właściwym drewna.

4. Drewno gatunków iglastych wykazuje anizotropię ciśnienia pęcznienia podobną do anizotropii pęcznienia i kurczenia się drewna.

5. Anizotropia ciśnienia pęcznienia drewna gatunków liściastych nie wykazuje podobieństwa ani do anizotropii pęcznienia i kurczenia się, ani do anizotropii własności mechanicznych drewna.

6. Dla wszystkich gatunków drewna zarówno iglastych, jak i liściastych anizotropia ciśnienia pęcznienia jest zgodna z anizotropią własności mechanicznych drewna, jeśli ciśnienie pęcznienia wyrazi się na jednostkę spęcznienia drewna.

Praca oparta na materiałach rozprawy doktorskiej wykonanej w Katedrze Mechanicznej Technologii Drewna Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 13 czerwca 1960 r.

LITERATURA

1. Barkas W. W.: The swelling of wood under stress. „Svensk Papperstidning“. 1950; nr 14.
2. Becker G., Starfinger K.: Studien über die Flüssigkeitsaufnahme bei Tauchen von Holz. „Holz als Roh- und Werkstoff“ 1956; nr 1.
3. Brown H., Panschin A., Forsaith C.: Text book of wood technology. N. York 1952.
4. Christensen G. N., Kelsey K. E.: Die Geschwindigkeit der Wasserdampfsorption durch Holz. „Holz als Roh- und Werkstoff“ 1959; nr 5.
5. Christensen G. N., Kelsey K. E.: Die Sorption von Wasserdampf durch die chemischen Bestandteile des Holzes. „Holz als Roh- und Werkstoff“ 1959; nr 5.
6. Czericzowa W. M.: Wlianie temperatury priesowaniya na procznost' plit iz driewiesnych czastic. „Dieriewoobrabatywajuszczaja promyslenost'“ 1958; nr 10.
7. Gaber E.: Druckversuche quer zur Faser an Nadel- und Laubhölzern. „Holz als Roh- und Werkstoff“ 1940; nr 7/8.
8. Giordano G.: Il legno e le caratteristiche trasformazioni meccaniche e miglioramenti. Milano 1951.
9. Göhre K.: Werkstoff Holz. Berlin 1954.
10. Iwanow J. M.: O dawlenii nabuchanija driewiesiny. „Trudy Instituta Lesa“ 1953; t. IX.
11. Iwanow J. M.: Measurement of swelling pressure of wood. „Composite Wood“ 1956; t. 3.
12. Kogut A.: Ciśnienie pęcznienia drewna w kwasach i zasadach o różnym stężeniu. Poznań 1958 (maszynopis).
13. Kollman F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Berlin 1951; t. I.
14. Kollmann F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Berlin 1955; t. II.
15. Kollman F., Schneider A.: Einrichtungen zur praxisnahen und wissenschaftlich exakten Messung von Sorptionseigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen. „Holz als Roh- und Werkstoff“ 1958; nr 4.
16. Kollmann F.: Über die Sorption von Holz und ihre exakte Bestimmung. „Holz als Roh- und Werkstoff“ 1959; nr 5.
17. Kontek W.: Ciśnienie pęcznienia płyt wiórowych, stolarskich i pilśniowych oraz sklejki bukowej i litego drewna sosnowego „Przemysł Drzewny“ 1959; nr 3.
18. Korzeniowski H.: Ciśnienie pęcznienia drewna prasowanego. Poznań 1958 (maszynopis).
19. Krzysik F.: Nauka o drewnie. Warszawa 1957.
20. Kübler H.: Studien über die Holzfeuchtebewegung. „Holz als Roh- und Werkstoff“ 1957; nr 11.
21. Lysy F., Jiru P.: Nauka o dreve. Praha 1954.
22. Marciniak H.: Badania nad pęcznieniem drewna w wodzie i wilgotnym powietrzu. Poznań 1953 (maszynopis).
23. Moskalewa W. E.: Nabuchanije mikrosrezow jestestwiennoj i priesowannoj driewiesiny sosny w židkostjach razlicznoj polarnosti. „Trudy Instituta Lesa“ 1953; t. IX.
24. Nowak K., Marciniak H.: Wpływ temperatury środowiska nawilżającego na ciśnienie pęcznienia drewna. Poznań 1958 (maszynopis).
25. Perkitny T.: Badania nad ciśnieniem pęcznienia drewna. Warszawa 1951.
26. Perkitny T.: Über den Einfluss mechanischer Hindernisse auf die Quellung und Schwindung von Kiefernholz. „Holz als Roh- und Werkstoff“ 1938; nr 9.
27. Perkitny T., Ławniczak M., Marciniak H.: Über den Einfluss des Dämpfens auf den Quellungsdruk des Holzes. „Holz als Roh- und Werkstoff“ 1959.
28. Perkitny T., Stefaniak J., Chudziński Z.: Kurczenie się

drewna po nawilżeniu i wysuszeniu w zależności od ciśnienia wywieranego na to drewno w stanie zupełnie suchym. „Prace Instytutu Technologii Drewna“ 1957; z. 4/9.

29. Perkitny T., Stefaniak J., Rudnicki Z.: Wpływ naprężeń ścisających na pęcznienie i kurczenie się drewna. „Prace Instytutu Technologii Drewna“ 1957; z. 4/9.

30. Pierri K., Lissner T.: Osnowy tienzometriowania. Moskwa 1957.

31. Pieriełygin L. M.: Driewiesinowiedienije. Moskwa — Leningrad 1949.

32. Pieriełygin L. M., Piewcow A. H.: Miechaniczne swojstwa i ispitanija driewiesiny. Moskwa 1934.

33. Raczkowski J.: Dawlenije nabuchanija driewiesiny sosny i niekatorych drugich porod. Leningrad 1956 (maszynopis).

34. Schabiński S.: Budowa drewna. „Przemysł Drzewny“ 1956; nr 5.

35. Schabiński S.: Submikroskopowa budowa drewna. „Przemysł Drzewny“ 1956; nr 6.

36. Siergowskij P. S.: Włagoprowodność driewiesiny. „Dieriewoobrabatywajuszczaja promyszlenność“ 1955; nr 2.

37. Siergowskij P. S.: Gidrotiermicheskaja obrabotka driewiesiny. Moskwa — Leningrad 1958.

38. Stamm A. J.: Diffusion and penetration mechanism of liquids into wood. „Pulp and Paper Magazine of Canada“ 1953; nr 2.

39. Stamm A. J.: Diffuzja żidkostiej wnutr szczepi i propitka driewie-

siny. „Chimija i chimiczeskaja tiechnologia“ 1954; nr 1.

40. Stamm A. J.: Verfahren zur Abschätzung der Wasserdampfsorption am Fasersättigungspunkt von Holz und Papier. „Holz als Roh- und Werkstoff“ 1959; nr 5.

41. Stefaniak J., Cholecki E.: Wpływ tłumienia pęcznienia drewna na jego kurczenie się. „Roczniki Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu“ (III) 1958.

42. Stefaniak J., Wierzbowski J.: Badania nad ciśnieniem pęcznienia wielkowymiarowych zestawów układanych z desek. „Przemysł Drzewny“ 1957; nr 10.

43. Technologia drewa. Bratislava 1952. Praca zbiorowa.

44. Tarkow H., Turner D: The swelling pressure of wood. „Forest Product Journal“ 1958; nr 7.

45. Timann H. D.: Wood technology. London 1951.

46. Trendelenburg R., Mayer - Wegelin H.: Das Holz als Rohstoff. München 1955.

47. Wanin S.: Nauka o drewnie. Warszawa 1953.

48. Witkowski E.: Analiza możliwości oznaczania wilgotności drewna zanurzonego w wodzie drogą pomiaru jego wyporności. Poznań 1952 (maszynopis).

49. Wood Handbook. Washington 1955. The Forest Products Laboratory.

50. Vorreiter L.: Holztechnologisches Handbuch. Wien 1949; t. I.

51. Vorreiter L.: Holztechnologisches Handbuch. Wien-München 1958; B. II.

ИССЛЕДОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ НАБУХАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ВОДЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ УСКОРЕННОГО МЕТОДА

Краткое содержание

Разработан новый ускоренный метод определения давления набухания древесины с применением вакуумметрического давления. Пользуясь этим

методом определено давление набухания в воде, в трех анатомических направлениях, 14 более важных пород древесины: сосны обыкновенной, ели, лиственницы, дугласии, дуба, ясена, бука, березы, граба, ольхи, клена, явора, липы и ивы.

Был проведен экспериментальный и теоретический анализ научной точности ускоренного метода. Доказано, что:

1. Скорость увлажнения древесины в одной и той же увлажняющей среде не влияет на величину давления набухания древесины, а только на срок его появления.

2. Увлажняющая среда влияет на величину давления набухания древесины.

3. Действительное давление набухания древесины можно определить лишь путем применения методов предусматривающих временную, а не прочную, деформацию древесины через набухание в наблюдаемом направлении, причем временная деформация должна не превышать 0,005 мм.

4. Ускоренный метод позволяет определить действительное давление набухания древесины, в отличие от других применяемых до настоящего времени методов, которые позволяют лишь определить давление набухания приближенное к действительному давлению.

Ускоренный метод делает возможным определение давления набухания древесины способом не вызывающим больших затруднений при промерах.

На основе полученных результатов при определении давления набухания различных родов древесины в тангентальном, радиальном и продольном направлениях доказано было следующее:

1. Давление набухания древесины вдоль волокон, мимо незначительного набухания древесины в этом направлении, является значительным и у некоторых родов достигает неожиданно высоких показателей.

2. Способность отдельных родов древесины оказывать давление набухания является очень разной.

3. Существует большая зависимость между способностью оказывания давления и удельным весом древесины.

4. Хвойные сорта проявляют анизотропию давления набухания сходную к анизотропии набухания и сокращения древесины.

5. Анизотропия давления набухания древесины лиственных сортов не проявляет сходства к анизотропии набухания и сокращения, а также к анизотропии механических свойств древесины.

6. Для всех, как хвойных так и лиственных сортов, анизотропия давления набухания совпадает с анизотропией механических свойств древесины, если давление набухания выразить на единицу набухания древесины.

INVESTIGATION ON SWELLING PRESSURE OF WOOD IN WATER WITH THE APPLICATION OF ACCELERATED TEST METHOD

Summary

A new accelerated test method for the determination of swelling pressure of wood with application of underpressure was developed, and swelling pressure in water, in three anatomical directions, of 14 more important wood species viz. Pine, Spruce, Larch, Douglas-Fir, Oak, Ash, Beech, Birch, Hornbeam, Alder, Maple, Sycamore, Lime and Willow was determined with this method.

Experimental and theoretical analysis of scientific exactness of accelerated test method resulted in the following conclusions:

1. The rate of wood moistening, in the same wetting medium, does not affect the magnitude of swelling pressure, but is affecting the time of its appearance.

2. The wetting medium is affecting the magnitude of swelling of wood lump.

3. Real swelling pressure of wood lump can be determined only through application of methods which are forecasting only transient, but not permanent, strains in wood occurring as a result of swelling in observed direction, moreover these strains should not exceed 0,005 mm.

4. Accelerated method allows the determination of real swelling pressure of wood lump, in distinction from other presently used methods, which are only giving approximate evaluations. Apart from that, the accelerated method allows the determination of swelling pressure in wood without serious difficulties in measurement procedures.

Basing on results obtained in the determination of swelling pressure of various wood species in tangential, radial, and longitudinal direction it was concluded:

a) Swelling pressure of wood along the fibre, in spite of not substantial amount of swelling in that direction, is large and in some wood species attains unexpected values.

b) There is a distinct relationship between the ability of exerting swelling pressure and specific gravity of wood.

c) The ability of particular wood species in exerting swelling pressure is very much differentiated.

d) Softwood species are characterized by anisotropy of swelling pressure similar to the anisotropy of swelling and shrinking of wood.

e) The anisotropy of swelling pressure of hardwood species is not similar to the anisotropy of swelling and shrinking of wood.

f) For each species of wood, both softwood and hardwood, the anisotropy of swelling pressure of wood is in accordance with the anisotropy of mechanical properties of wood, provided that swelling pressure is expressed in relation to the unit of wood swelling.

TREŚĆ

I. Geneza zagadnienia i cel badań	61
II. Metodyka badań	69
1. Metodyka oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna	69
2. Metodyka oznaczania wilgotności i spęcznienia drewna	75
3. Dobór wielkości i kształtu próbek	77
III. Badania nad naukową ścisłością metody przyspieszonego oznaczania ciśnienia pęcznienia drewna w wodzie	78
1. Badania nad wpływem podciśnienia na ciśnienie pęcznienia drewna w wodzie	78
2. Badania nad wpływem wielkości przejściowych odkształceń drewna na jego ciśnienie pęcznienia	98
IV. Badania nad wpływem na ciśnienie pęcznienia gatunku drewna oraz kierunku anatomicznego ze szczególnym uwzględnieniem kierunku wzdłuż włókien	104
1. Badania wstępne. Określenie wpływu wielkości przekroju poprzecznego na maksymalne ciśnienie pęcznienia drewna wzdłuż włókien oraz na czas jego wystąpienia	106
2. Badania właściwe. Określenie wpływu gatunku oraz trzech głównych kierunków anatomicznych na ciśnienie pęcznienia drewna	111
Wnioski	117
Literatura	119
Краткое содержание	120
Summary	122