

MIECZYŚLAW JANICZEK i BOLESŁAW BUTRA. **Badania wytrzymałości kopalniaków z grochodrzewu** (*Robinia pseudoacacia* L.). Instytut Badawczy Leśnictwa. Prace, nr. 95, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa, 1953 r., str. 39, tab. 7, rys. 27.

Praca ta porusza zagadnienie o żywotnym dla gospodarki narodowej znaczeniu, nasuwa mianowicie możliwość częściowego zastąpienia drewna sosnowego i świerkowego, używanego dotychczas dla potrzeb kopalnictwa — drewnem grochodrzewu. Praca ma za zadanie wykazać pozytywne, z punktu widzenia górnictwa, cechy mechaniczne grochodrzewu, które w połączeniu z jego dodatnim znaczeniem dla zalesiania sugerują wprowadzenie w kraju kultury tego gatunku.

Drewno grochodrzewu, wysoko zresztą cenione na Węgrzech i używane tam w różnych celach, jest z powodzeniem stosowane w kopalnictwie w Turcji.

Autorzy omawianej pracy zgromadzili obfity materiał badawczy, który został poddany dużej ilości prób i pomiarów. Wyniki tych dociekań w znacznym stopniu potwierdzają sugestie zastosowania drewna grochodrzewu w górnictwie, przy czym należy się spodziewać jak najbardziej dodatnich rezultatów praktycznych. To wskazanie drogi jest pozytywnym osiągnięciem pracy autorów.

Szkoda tylko, że praca zakrojona na tak dużą miarę i mająca na celu osiągnięcie rezultatów o poważnym znaczeniu gospodarczym nie jest wolna od niedomówień, niedociągnięć, a nawet błędów, które postaram się omówić w tym artykule.

Najbardziej chyba ogólnym niedociągnięciem, występującym przez cały ciąg pracy, jest niewłaściwe przyjęcie określenia: „wytrzymałość na wyboczenie“. Nie można mówić o wytrzymałości na wyboczenie wtedy, gdy ani jeden z poddanych próbie stojaków nie może być uważany za praktycznie prosty. Za taki zaś możemy uważać element, którego pierwotna strzałka krzywizny stanowi mniej niż 0,5% jego długości.

Nie ma wprawdzie normowanej metody badań wytrzymałości na wyboczenie, jednakże próby muszą być przeprowadzane na prętach prostych, oraz w warunkach zamocowania i obciążenia podobnych do warunków pracy gotowych elementów konstrukcyjnych. T e t m a j e r, który przeprowadzał próby wytrzymałości na wyboczenie, podobnie jak autorzy omawianej pracy, na poziomych maszynach probierczych, stosował przy prętach o długości większej od 2 m specjalne podwieszenia, aby uniknąć wpływu ciężaru własnego próbki, który mógłby wywołać moment zginający, zmieniający obraz przebiegu próby.

Przy próbach wytrzymałości na wyboczenie należy bacznie uwagę zwracać na geometrycznie dokładne, centryczne osadzenie próbki w maszynie, to znaczy tak, aby środek ciężkości końcowego przekroju pręta pokrywał się ze środkiem płyty cisnącej. Pomimo tak dokładnego ustawienia, wskutek niejednorodnej budowy drewna (sęki, pęknięcia, krzywizny, nierównomierne rozmieszczenie drewna późnego) mogą wystąpić warunki mechaniczne, powodujące nierównomierny rozkład naprężeń. Te z kolei wywołują powstanie „wewnętrznego mimośrodu“ powodującego silne odkształcenia. Przy czym, przez „mimośród wewnętrzny“ należy rozumieć taki rozkład naprężeń w przecie ściskanym osiowo, uwarunkowany przyczynami wewnętrznymi, jaki wystąpiłby w przypadku mimośrodowego obciążenia pręta. W tych warunkach może nastąpić zniszczenie próbki przed osiągnięciem największej wytrzymałości na wyboczenie. Jeżeli zaś zależy nam na otrzymaniu bardzo ścisłych wyników dla określenia wytrzymałości na wyboczenie, a tylko takie mają dla celów porównawczych znaczenie zasadnicze, to powinno się ustawioną współśrodkowo próbkę przesunąć tak, aby przez odpowiednie jej umieszczenie, zniweczyć wpływ tego wewnętrznego mimośrodu. Jest to zresztą zadanie bardzo trudne do zrealizowania.

Ponieważ przeprowadzone przez autorów próby doświadczalne nie odpowiadały powyższym warunkom, więc podciągnięcie wyników tych prób pod pojęcie „wytrzymałości na wyboczenie“ świadczy o nieściśłym stosowaniu pojęć mechanicznych. Dalszych dowodów tej nieściśłości dostarczają spotykane w pracy takie określenia, jak: „obciążenie krytyczne“, „naprężenie krytyczne“ i „w y b o c z e n i e krytyczne(!)“ w odniesieniu do stanów w momencie zniszczenia próbki. Równie jaskrawy dowód pomieszenia pojęć stanowi fakt podciągnięcia w tabelach odczytu wskazań manometru w atmosferach, odpowiadającej mu siły osiowej wyrażonej w kilogramach i naprężenia granicznego w  $\text{kG/cm}^2$  pod wspólny tytuł „Wytrzymałość na wyboczenie“.

Pojęcie „wytrzymałość materiału“ określone jest z punktu widzenia stereomechaniki jako naprężenie (w  $\text{kG/cm}^2$ ) powodujące zniszczenie badanej próbki, a ściślej mówiąc — powodujące naruszenie jej stanu równowagi, co właśnie w przypadku wyboczenia (postaram się wyjaśnić to w dalszym toku rozważań), następuje wcześniej niż zniszczenie próbki. Takiego stosowania terminów należałoby oczekiwać od pracy dotyczącej zagadnień wytrzymałościowych.

W przypadku pręta prostego, ściskanego osiowo siłami  $P$ ,  $P$  — stateczność jego maleje ze wzrostem wartości  $P$  i w pewnych

warunkach zanika zupełnie, po czym prosta postać pręta, jest niestateczna, stateczna zaś jest postać wygięta. I właśnie ta wartość siły osiowej  $P$ , której przekroczenie powoduje zmianę postaci statecznej pręta z prostej na wygiętą, czyli ta, która odpowiada stanowi tzw. równowagi obojętnej pręta, nosi nazwę siły krytycznej, lub obciążenia krytycznego —  $P_{kr}$ . Wywołane tą siłą naprężenia wewnętrzne nazywamy wytrzymałością na wyboczenie. Niesłuszne utożsamianie siły krytycznej  $P_{kr}$  z siłą  $P_w$  powodującą złamanie próbki, rozpowszechnione zresztą wśród techników, zrodziło się na podstawie stwierdzonego doświadczalnie faktu, że w pewnych warunkach realnych wartość  $P_w$  tak mało różni się od wartości  $P_{kr}$ , że praktycznie można przyjąć ich równość. Jednakże w innych warunkach, także odpowiadającym warunkom praktycznym, wartość  $P_w$ , jak to szczegółowo wyjaśnia teoria wyboczenia, może znacznie odbiegać od obciążenia krytycznego  $P_{kr}$ .

Należy więc pamiętać, że największe obciążenie podłużne  $P$ , które pręt znosi przed złamaniem, lub trwałym ugięciem, przy stosowanej w laboratoriach statycznej próbie obciążenia, jest czymś pojęciowo zupełnie różnym od obciążenia krytycznego.

Oczywiście w przypadku konkretnym, gdy chodziło o ustalenie nośności stojaków kopalnianych, nie mogło być mowy o czysto teoretycznym rozważaniu zagadnienia i o badaniu idealnie prostych prętów, należało jednak rozpatrzyć zagadnienie pod nieco innym kątem widzenia.

W przypadku wyboczenia, w materiale bez wad, smukłość ma wyłączne, decydujące znaczenie (a nie — „duże“ — jak to na str. 20 omawianej pracy określają autorzy), co jasno wynika ze znanego wzoru Eulera:

$$\sigma_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

gdzie:

$\sigma_{kr}$  oznacza naprężenie krytyczne

$E$  — moduł sprężystości

$\lambda$  — smukłość pręta.

W przypadku materiału badanego krzywego, dla którego przeprowadza się próby wytrzymałości na ściskanie mimośrodowe, znaczenie nie mniej ważne od smukłości ma mimośród początkowy.

Fiński badacz Ylinen na podstawie swoich dociekań teoretycznych (potwierdzonych zresztą doświadczalnie) ustalił, dla przypadku ściskania prętów krzywych, następującą zależność: <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> A. Ylinen: Ann. Acad. Sci. Fennicae. Ser. A. 57 (1941), nr 14, Helsinki, Ref.: Drewno jako surowiec i materiał użytkowy, tom 5 (1942), str. 440.

$$\frac{\sigma_c \cdot \lambda^2}{\pi^2 \cdot E} = \frac{\sigma_c}{\sigma_k} \left[ 1 - \left( \frac{\sigma_c}{\sigma_k} \right)^3 \right] \left( 1 - \frac{m \left( \frac{\sigma_c}{\sigma_k} \right)}{1 - \frac{\sigma_c}{\sigma_k}} \right)$$

gdzie

$\sigma_c$  — oznacza wytrzymałość próbki na ściskanie

$\sigma_k$  — naprężenie powodujące zmianę stanu równowagi

$E$  — moduł sprężystości

$\lambda$  — smukłość, przy czym  $\lambda = \frac{l}{i}$ , gdzie

$i$  = promień bezwładności

$m = \frac{f_0}{k}$  — określa miarę mimośrodu, przy czym

$f_0$  — oznacza początkową strzałkę krzywizny, a

$k$  — promień rdzeniowy, który dla przekroju kołowego wynosi  $\frac{1}{8}$  średnicy (0,125 d).

Przytoczony wzór jest po prostu matematycznie wyrażonym twierdzeniem, że naprężenie powodujące zmianę stanu równowagi uzależnione jest od smukłości pręta  $\lambda$  i od jego krzywizny początkowej, decydującej o mimośrodku  $m$ . Pozostałe wielkości występujące we wzorze są dla pręta wykonanego z danego materiału — niezmiennie.

Przy takim postawieniu sprawy autorzy uniknęliby pewnej, niepotrzebnej dozy rewelacyjności w ostatecznym wniosku, który mówi: „...że czynnikiem decydującym o wytrzymałości stojaków grochodrzewnych... jest maksymalna strzałka krzywizny stojaków“.

Szkoda też, że wyprowadzone ostatecznie liczby określające wytrzymałość stojaka oparte są pośrednio na tablicy 3, pokazującej zależność obciążenia od odczytów wskaźnika manometru (nie: „siłomierza“ — bo to co innego), podanej bez żadnych objaśnień. Od razu rzuca się w oczy, że pomiędzy tymi wielkościami nie zachodzi zależność prostej proporcjonalności. Szkoda, że niewiedoma jest przyczyna tego faktu, gdyż nie podano sposobu przeliczenia.

Niezrozumiałe jest również podane na str. 20 omawianej pracy stwierdzenie: „...wpływu wilgotności na wytrzymałość praktycznie prostych stojaków grochodrzewu nie można było wykryć...“, szczególnie w zestawieniu ze zdaniem umieszczonym pod koniec pracy na str. 36, gdzie jest mowa, że „...stojaki..., mimo znacznej wilgotności, wykazały wysoką wytrzymałość, wyższą od stojaków sosnowych powietrzno-suchych“.

I dalej: „Należy podkreślić, że gdyby stojaki sosnowe badane przez Akademię Górniczo-Hutniczą posiadały analogiczny lub podobny stan wilgotności, jak badane przez nas ostatnio stojaki z grochodrzewu, a więc wilgotność zbliżoną do warunków panujących w kopalniach, wytrzymałość ich spadłaby w bardzo znacznym stopniu“.

Oraz na str. 33: „Stojaki o takiej wytrzymałości stanowią lepszy materiał od stojaków sosnowych nawet powietrzno-suchych“.

I tamże: „Mimo wysokiej wilgotności drewna i jej ujemnego wpływu na wytrzymałość, wykazały stosunkowo wysoką wytrzymałość... Średnia wytrzymałość jest nieco wyższa, ...od wytrzymałości stojaków badanych poprzednio“.

Czy więc ostatecznie zachodzi zależność pomiędzy wilgotnością i wytrzymałością, czy nie zachodzi?

Również zupełnie niezrozumiałą jest fakt podkreślania przez autorów we wnioskach ostatecznych zjawiska wyginania się stojaków w miejscu największej krzywizny oraz powracania stojaka do pierwotnej postaci po odjęciu obciążenia. Zjawiska te są całkowicie zrozumiałe w świetle przytoczonego wyżej (wzór Ylinena) rozumowania, dotyczącego ściskania mimośrodowego, oraz w świetle znanego od dawna faktu, że granica wytrzymałości drewna bardzo nieznacznie przekracza jego granicę sprężystości.

Kompletnie niezrozumiałą przedstawia się sprawa poruszanego przez autorów zagadnienia wpływu sęków na wytrzymałość stojaka.

Już Tetmajer na podstawie własnych badań stwierdził, że sęki mają znikomo mały wpływ na wytrzymałość pręta na wyobczenie, zwłaszcza jeżeli są one zdrowe, zrosnięte i równomiernie rozmieszczone. Przyznał jednak również, że zniszczenie próbki następuje w miejscu największych skupień sęków, jeżeli takie skupienie w ogóle ma miejsce na badanej próbce.

W tym względzie autorzy nie doszli do żadnych wniosków, czego dowodem jest fakt, że na odnośnym wykresie (rys. 27) nie zdołali ustalić żadnej krzywej, która w przybliżeniu obrazowałaby zależność wytrzymałości od ilości sęków. Przyczyną jest jednak nie to, że takiej zależności nie ma, bo być może, że w pewnym stopniu ona istnieje, lecz fakt, że autorzy oparli się na nieznanym dotychczas mechanice definicjach wielkości takiej jak moment statyczny.

Zupełnie nie można zrozumieć dlaczego w pracy nie określono względem jakiej osi obliczany jest moment statyczny. Ze wzoru jednak wynika, że „Moment statyczny sęków“ obliczany jest jednocześnie względem dwóch osi, a właściwie względem dwóch

końców stojaka, w zależności od tego, od którego końca bliżej leży dany sęk(!).

Jeszcze bardziej niejasno przedstawia się sprawa wielkości, którą autorzy nazwali „ogólnym momentem statycznym“ i względem którego ustalają udział momentu statycznego sęków. Także i w tym przypadku brak określenia osi, a poza tym określenia powierzchni figury, której „moment“ jest obliczany, jak również jej kierunku względem płaszczyzny, w której mierzone są sęki. Podany wzór:

$$„M_{st\ og} = \pi \cdot d \cdot l \cdot \frac{1}{2} \text{ cm}^3”$$

jeszcze bardziej zaciemnia sprawę, ponieważ wymiar wielkości podany jest jako  $\text{cm}^3$  (jest to zresztą rzeczywiście wymiar momentu statycznego), podczas gdy iloczyn  $d \cdot l$  daje w wyniku  $\text{cm}^2$ .

Gdyby nawet przypuścić istnienie błędu drukarskiego, to znaczy rozumieć, że średnica powinna być w drugiej potęgce, to i tak nie można dojść, jakie może mieć znaczenie matematyczne czy fizyczne, podwojony iloczyn pola poprzecznego przekroju stojaka przez jego długość.

Oczywiste jest, że przy takich założeniach „...nie można było wykryć przewagi wpływu sęków nad wpływem innych wad drewna, a zwłaszcza krzywizny...“(!)

To omówione ostatnio, matematyczne i mechaniczne potknięcie się autorów stawia zagadnienie słuszności wydania omawianej pracy w dokonanej formie, jako pracy naukowej, predystynowanej do publikowania za granicą, pod dużym znakiem zapytania.

Należy jednak uznać znaczenie opracowania tak bogatego materiału badawczego, który po szczegółowym przeanalizowaniu, będzie mógł stanowić poważną pozycję dla potwierdzenia lub skorygowania dotychczasowych dociekań teoretycznych.

*Mgr inż. Wiesław Galewski*

**STANISŁAW RZADKOWSKI. Produkcja dębowych materiałów tartych.** Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 1952, str. 274.

W omawianej książce w sposób prosty, jasny i przystępny opisane są zagadnienia składające się na całokształt problemów i prac ekonomiczno-technicznych w przerobieniu dębowego drewna tartaczno, tj. w produkcji dębowych materiałów tartych.

Całość tematu rozbita jest na 6 rozdziałów, a mianowicie: 1) dębowy surowiec tartaczny i materiały tarte, 2) założenia produkcyjne tartaku, 3) procesy produkcyjne na składzie surowca, 4) procesy produkcyj-