

Bartłomiej Bednarz\*

## OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA DREWNA GRUSZY I ŚLIWY DO ZGINANYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

### 1. WSTĘP

Drewno od tysiącleci wykorzystywane jest przez człowieka. Prawdopodobnie stosowane i odpowiednio zabezpieczone charakteryzuje się bardzo dużą trwałością. Może przez dziesiątki, a nawet setki lat pełnić funkcje konstrukcyjne nie gorzej niż inne materiały, np. stal lub beton [6].

Lasy naturalne i składnice drewniane materiału budowlanego występowały i dotychczas występują z niewielkimi wyjątkami pod wszystkimi szerokościami geograficznymi. Począwszy od zamierzonych czasów drewno używane było najpierw do budowy prymitywnych szałasów i szop, następnie – w miarę organizowania się społeczeństwa – do budowy całych obiektów drewnianych pojedynczych bądź też tworzących całe grody czy osady. W budowlach takich wszystko, począwszy od fundamentów nieraz, a skończywszy na pokryciu dachowym, było drewniane [5].

W drewnianych budynkach we wsiach i miasteczkach osiągnięto najwyższy poziom rozwiązań konstrukcyjnych i plastycznych [1]. Drewno ma dużo cennych zalet. Jest lekkie, a przy tym osiąga znaczną wytrzymałość [10]. Ma dobre właściwości ciepłochronne [1], tłumi i pochłania dźwięki [10]. Daje się łatwo obrabiać prostymi narzędziami [1], bez trudu można je ciąć, piłować, łupać, gładzić i polerować [10]. Ponadto drewno charakteryzuje się dobrymi właściwościami wytrzymałościowymi (na ściskanie, zginanie i rozciąganie) oraz wyjątkowo korzystnym wskaźnikiem wytrzymałości na obciążenia własne [3].

W budownictwie przydatne są głównie gatunki drewna miękkiego – sosna, świerk oraz w mniejszym stopniu drewna twardego – buk, dąb [6], a także grochodrzew. W przypadku produkcji oklein zastosowano ma drewno śliwy, które ma wąski, jasnobrązowy biel, a twardej wyróżnia się intensywną barwą brązową z odcieniem fioletowym. Drewno tego gatunku jest umiarkowanie ciężkie, twarde, trudno łupliwe, łatwe w obróbce. Łatwo się poleruje i polituruje [10]. Z kolei drewno gruszy wykorzystywane było na ekierki i linijki, lecz autorowi nie są znane żadne publikacje zastosowania w budownictwie tego gatunku.

W elementach zginanych decydującą rolę odgrywają naprężenia normalne, dlatego wytrzymałość drewna na zginanie zależy od tych samych czynników, co wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie. Największe naprężenia występują na skrajach przekroju, a ich wartości na wysokości belki zmieniają się liniowo. Zniszczenie belki zginanej następuje na ogół w strefie rozciąganej, mimo wyso-

---

\* Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

kiej wytrzymałości drewna na rozciąganie w porównaniu ze ściskaniem. Zjawisko to tłumaczy się tym, że gdy w strefie ściskanej występują zbyt duże siły ściskające, oś obojętna przesuwa się w stronę naprężeń rozciągających. Wykres naprężeń w strefie ściskanej przechodzi w krzywoliniowy, a odkształcenie ze sprężystych przechodzi w plastyczne, co z kolei powoduje dalsze przesunięcie osi obojętnej i wzrost naprężeń rozciągających. Proces ten postępuje aż do zerwania najbardziej wyężonych włókien rozciąganych [6].

Drewno zmienia swój kształt pod wpływem długotrwałego działania sił zewnętrznych i do kształtu pierwotnego po usunięciu siły nie powraca. Cecha ta jest jednak wadą względną, gdyż w ustrojach drewnianych wykorzystuje się nieraz tę właściwość drewna do specjalnych konstrukcji o elementach uprzednio wygiętych [5].

Giętkość jest odwrotnością sprężystości i w przeciwieństwie do niej wartość jej rośnie ze wzrostem wilgotności, maleje zaś ze wzrostem ciężaru objętościowego. Stąd też do konstrukcji z elementami wyginanymi można używać drewna wilgotnego i mniej wyborowego, co staje się z kolei zaletą takich konstrukcji [5].

### 1.1. Drewniane elementy konstrukcyjne poddane zginaniu

Do **belek o przekroju prostokątnym** należą między innymi: podciągi, płatwie, deski podłogowe, podsufitki [8]. Belki te mogą być jednoprzęsłowe swobodnie podparte, ciągle przegubowe lub ciągle o przekroju podwójnym nad podporami i w przęsłach skrajnych. Belki o przekroju prostokątnym są najczęściej elementami stropów drewnianych stosowanych w budynkach o konstrukcji szkieletowej. Ze względu na łatwość porażenia przez grzyby, stropów tych nie należy stosować nad piwnicami lub innymi wilgotnymi, niedostatecznie przewietrzanymi pomieszczeniami. W zależności od obciążeń rozstaw belek przyjmuje się w granicach  $0,6 \div 1,0$  m. Iloraz szerokości belek i ich wysokości ( $b/h$ ) wynosi najczęściej  $1/2 \div 1/4$ . Głębokość oparcia belek na podporze (np. na murze) zwykle odpowiada wysokości elementów. Belki opiera się bezpośrednio na murze, izolując je warstwą folii lub papy i zapewniając równocześnie wentylację z boków i od czoła. Dodatkowo izoluje się także belki drewniane usytuowane wzdłuż ścian. Belki skrajne z reguły mocuje się w ścianie zewnętrznej za pomocą kotwi stalowych, a belki przeciwległe łączy się na ścianach (podporach) pośrednich za pomocą klamer lub płaskowników [6].

**Belki klejone o przekroju dwuteowym, stałym na długości** wykonuje się, stosując na środnik jedną lub dwie deski ustawione pionowo. Obliczenie naprężeń normalnych na zginanie jest analogiczne jak w belkach o przekroju prostokątnym, zależenie od stosunku wysokości przekroju poprzecznego do jego szerokości [8].

**Belki dwuteowe ze ścianką krzyżulcową na gwoździach** stosuje się przy rozpiętościach  $L = 8 \div 12$  m. Składają się one z dwóch pasów z desek ustawionych na rąb, przymocowanych gwoździami do środnika złożonego z dwóch warstw desek na krzyż, połączonych ze sobą również na gwoździe. Ponadto

w pewnych odstępach są one stężone pionowymi tężnikami z desek, przymocowanymi do pasów śrubami i do środka (poprzez przekładki) gwoździami. Belki takie mogą mieć:

- a) obydwie pasy równoległe, poziome lub pochyłe,
- b) górny pas pochyły w jednym lub w dwóch kierunkach, dolne pasy są wtedy poziome.

W belkach o pasach równoległych wysokość belki w konstrukcjach stałych zaleca się przyjmować  $H = (1/8 \div 1/11) L$ . W belkach o górnym pasie obustronnie pochyłym wysokość  $H$  mierzy się w  $1/4$  rozpiętości od podpory (na środku pochyłości pasa), w belkach zaś o pasie górnym jednospadowym  $H$  mierzy się w środku rozpiętości. Najmniejsza wysokość belki  $H_1$  wynosi wtedy  $(0,4 \div 0,5) H$ . Stosuje się jednakowe wymiary desek pasowych zarówno w górnym, jak i w dolnym pasie. Wynoszą one: grubość  $2,5 \div 7$  cm, szerokość  $16 \div 22$  cm. Deski pasa powinny być zwrócone do ścianki pionowej swymi prawymi (bliższymi rdzenia) lub lewymi stronami. Odkształcenia drewna na skutek wilgotności są wtedy mniej szkodliwe [5].

Celem badań była ocena przydatności drewna gruszy i śliwy jako zamienników na przykład drewna dębowego, do wykonywania niektórych łączników i elementów konstrukcyjnych poddanych zginaniu.

## 1.2. Drewniane łączniki poddane zginaniu

**Złącza klockowe** należą do jednych z najdawniejszych. Używane są przeważnie do łączenia pojedynczych elementów w elementy złożone. Do złączy stosowane są przeważnie klocki drewniane, zrobione z drewna o wilgotności nie większej niż 15 % – celem możliwego zmniejszenia przesunięć w złączach [5]. Powinny szczelnie przylegać do wyrobionych dla nich gniazd [6]. Zaleca się stosowanie klocków z drewna twardego, zwłaszcza jeśli włókna klocka biegną w poprzek włókien elementów łączonych. Klocki w kształcie prostopadłościanu wkłada się do wrębów przebiegających przez całą szerokość łączonych elementów. Głębokość wrębu nie powinna przekraczać  $1/5$  wysokości przekroju elementu łączonego, nie może być jednak mniejsza od 2 cm dla elementów tartych i 3 cm dla elementów z okrągłaków. Stosunek długości klocka (w kierunku długości łączonych elementów) do głębokości wrębu nie powinien być mniejszy od 5. Klocek pracuje na siłę rozwarstwiająca od wyboczenia lub zginania bądź od wyboczenia i zginania [5]. Można jednak przyjąć, że klocek łączący elementy zginane jest również zginany.

**Płytki** z drewna twardego stosuje się tylko do łączenia elementów w dźwigarach złożonych składających się z dwóch lub trzech belek umieszczonych bezpośrednio jedna nad drugą. Elementy te są w złączu zginane i ścinane. Płytki wykonuje się z drewna twardego, bez sęków, a włókna muszą przebiegać prostopadle do płaszczyzny działania siły. Wilgotność drewna, z którego są wykonane nie może być większa niż 8% i zawsze powinna być mniejsza niż wilgotność łączonego drewna. Jest to podstawowy warunek prawidłowej pracy

połączenia. Płytki – wskutek zrównania ich wilgotności z wilgotnością łączonych elementów – pęcznią, dzięki czemu doskonale przylegają do gniazd, w których zostały umieszczone. Rozróżnia się płytki w kształcie prostokątnym i płytki sfazowane [6]. Te pierwsze stosowane są do belek o szerokości mniejszej lub równej 15 cm. Płytki sfazowane wykorzystywane są do belek o szerokości większej niż 15 cm. Grubość płytek powinna wynosić 1,2 cm, a ich długość 5,4 cm. Szerokość płytek prostokątnych powinna równać się szerokości belki. Szerokość płytek sfazowanych określa wzór [2]:

$$a = 0,5b + 0,3l$$

gdzie:

- a – szerokość płytki, mm,
- b – szerokość belki, mm,
- l – długość płytki, mm.

**Pierścienie** zamknięte lub rozcięte zalicza się do łączników o dużej nośności. Średnica zewnętrzna pierścieni zamkniętych wynosi od 65 do 190 mm. Pierścienie rozcięte mają ukośne przecięcie lub wcięcie i wpust. Średnica pierścieni ukośnie przeciętych wynosi od 60 do 260 mm. Łączniki tego typu z wcięciem i wpustem są produkowane o średnicy 64 i 104 mm. Oprócz pierścieni stalowych lub żeliwnych zamkniętych bądź rozciętych stosuje się również pierścienie drewniane w kształcie walca o powierzchni bocznej ze skosami. Pierścienie te są wykonane z drewna dębowego o gęstości co najmniej 600 kg/m<sup>3</sup> i wilgotności nie większej niż 18%. Zamknięte pierścienie gładkie nie są zbyt często używane, ponieważ wykazują mniejszą nośność niż pierścienie rozcięte. Pierścienie zamknięte pracują jedynie połową swojej powierzchni docisku, a ich potencjał jako łączników nie jest w pełni wykorzystany. Pierścienie rozcięte po obciążeniu elementu odkształcają się do czasu, aż oprą się jedną połową o wewnętrzną, a drugą o zewnętrzną powierzchnię rowka (odkształcenie takie umożliwia rozcięcie). Dzięki temu na docisk i ścinanie pracuje zarówno strona wewnętrzna, jak i zewnętrzna tych pierścieni. Nośność pierścienia rozciętego zależy w znacznym stopniu od grubości jego ścianki. Zbyt gruba ścianka zwiększa sztywność pierścienia, co upodabnia go do pierścienia zamkniętego, zbyt cienka zaś obniża sztywność i zmniejsza nośność pierścienia. W elementach rozciąganych należy stosować z każdej strony styku co najmniej dwie wiązki pierścieni, przy czym wiązka to pierścienie ściągnięte jedną śrubą. W węzłach kratownic można stosować pojedyncze wiązki pierścieni. Pierścienie umieszcza się w rowkach wykonanych sposobem mechanicznym w łączonych elementach. Głębokość rowka powinna wynosić 0,5 szerokości pierścienia. Każdą wiązkę pierścieni należy ściągnąć śrubą o średnicy od 12 do 16 mm. W celu zapewnienia właściwego funkcjonowania pierścienia w złączu szczelina pierścienia powinna znajdować się na średnicy prostopadłej do kierunku działania siły. Do łączenia elementów mogą być stosowane wyłącznie pierścienie dopuszczone do stosowania w budownictwie. Nośność pierścieni i moduł ich podatności należy przyjmo-

wać według danych producenta. Elementy łączone za pośrednictwem pierścieni powinny być dociągnięte do siebie śrubami z podkładkami umieszczonymi w osi każdego pierścienia. Nośności śrub w takich złączach nie uwzględnia się. Zmniejszenie naciągu śruby na skutek schnięcia drewna może znacznie osłabić wytrzymałość połączenia w wyniku pojawienia się szczelin między łączonymi elementami. Należy temu zapobiegać przez stosowanie suchego drewna i okresowe dociąganie śrub. Pierścień pracujący w złączu jest zginany parą sił działających na ramieniu, które jest odległością między kierunkami działania tych sił [6].

## 2. MATERIAŁ I METODY

Najwłaściwsze byłoby przeprowadzenie pomiarów własności mechanicznych w rzeczywistych warunkach pracy elementu, ale ponieważ jest to często niemożliwe, gdyż wymaga koniecznej, kosztownej aparatury, zwykle stosuje się umowne próby wykonywane z użyciem typowych urządzeń, a tak uzyskane wyniki, w większości przypadków, dostatecznie charakteryzują własności mechaniczne materiałów [9]. Z tego względu badania wytrzymałościowe wykonano na maszynie Zwick Roell w specjalistycznym laboratorium Bielskiego Centrum Kształcenia Ustawicznego i Praktycznego (rys. 1) na próbkach o wymiarach 200x20x20 mm.



Rys. 1. Stanowisko do badań wytrzymałościowych próbek śliwy i gruszy na maszynie Zwick Roell w specjalistycznym laboratorium Bielskiego Centrum Kształcenia Ustawicznego i Praktycznego

Do pomiarów użyto drewna śliwy i gruszy w stanie powietrzno-suchym. Materiał ten poddano ocenie wytrzymałości na zginanie. W każdym oznaczeniu wytrzymałości charakterystycznej jako wartość miarodajną uznawano średnią arytmetyczną z trzech powtórzeń. Przebieg pomiarów zobrazowano na wykresach z zaznaczonymi wartościami średnimi z obciążeń niszczących i przemieszczeń.

Wytrzymałość doraźną na zginanie wyznaczono z zależności:

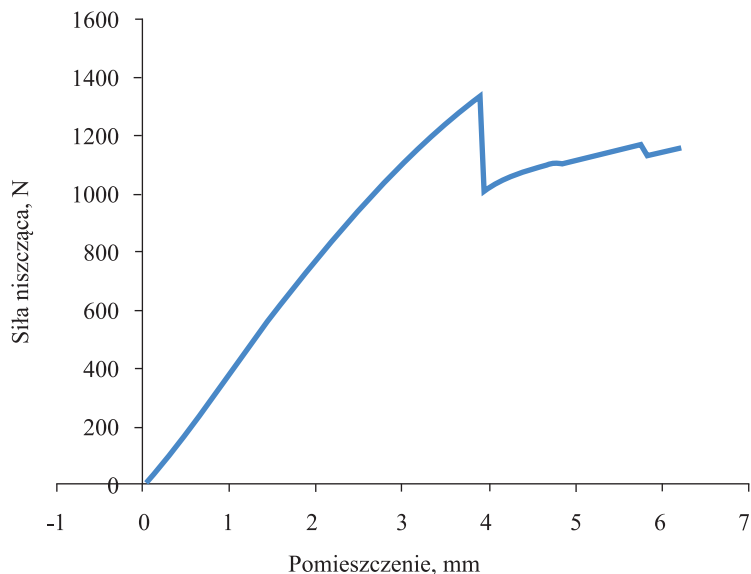
$$f_{m,D} = 3F_{\max} \cdot l_d \cdot (2b \cdot h^2)^{-1} \text{ [MPa]}$$

gdzie:

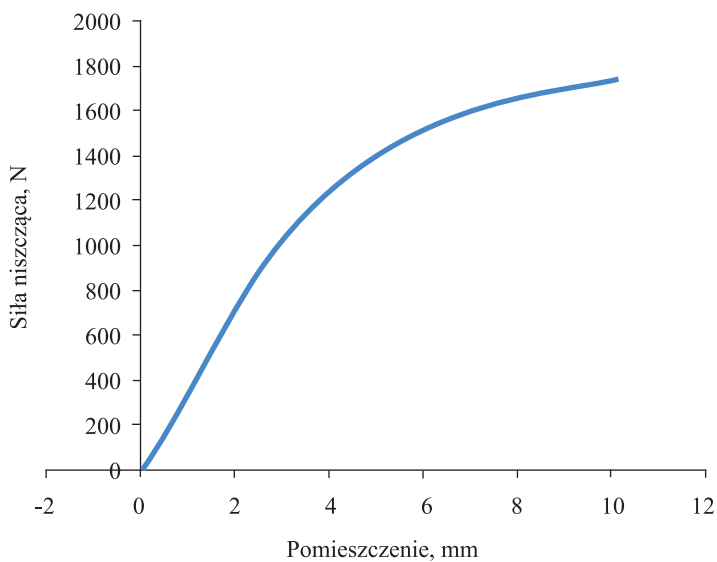
- $F_{\max}$  – siła niszcząca, N,
- $l_d$  – rozstaw podpór, mm,
- $b$  – szerokość próbki, mm,
- $h$  – wysokość próbki, mm.

### 3. WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Na rysunku 2 zamieszczono wykres ugięcia próbki śliwy w zależności od obciążenia w badaniu wytrzymałości na zginanie. Średnia wartość siły niszczącej dla trzech prób wyniosła 1165 N i pozwoliła uzyskać wytrzymałość doraźną tego drewna wynoszącą 54,75 MPa. Na rysunku 3 przedstawiono wykres tych samych zależności, lecz wykonany dla gruszy. Średnia wartość siły niszczącej wyniosła w tym przypadku 1737 N. Po podstawieniu do wzoru wartości tej siły uzyskano wytrzymałość doraźną równą 65,25 MPa. Na podstawie licznych pomiarów przeprowadzonych w różnych krajach wyraźnie stwierdzono, że wartość obciążenia trwałego, przy którym następuje zniszczenie próbki drewna, jest znacznie mniejsza niż obciążenia doraźnego, którego wartość zależna jest od szybkości obciążenia [4], dlatego nie można uzyskanego wyniku wprost porównać z normową wytrzymałością charakterystyczną. Można jednak przyjąć na podstawie badań różnych autorów, że długotrwała wytrzymałość drewna stanowi 0,5 ÷ 0,6 wytrzymałości doraźnej, określanej na podstawie badań próbek [4, 7]. Gdyby zatem założyć, że wytrzymałość charakterystyczna to 50 do 60 procent z otrzymanej w doświadczeniu wartości doraźnej, należałoby oszacować dla śliwy wytrzymałość charakterystyczną w zakresie 27,38÷32,85 MPa, co odpowiada normowym klasom dla drewna liściastego między D24 a D35. W przypadku drewna gruszy zakres szacowanych wytrzymałości charakterystycznych obejmuje wartości 32,63÷39,15 MPa, które zaklasyfikować można do normowych klas między D30 a D40. Z tego względu otrzymane wyniki upoważniają do przyjęcia stanowiska o wystarczającej wytrzymałości drewna gruszy i śliwy na zginanie, aby można było je zastosować w zginanych elementach konstrukcyjnych i łącznikach.



Rys. 2. Kształtowanie się średnich wartości siły zginającej próbki śliwy w odniesieniu do odkształceń badanego elementu



Rys. 3. Kształtowanie się średnich wartości siły zginającej próbki gruszy w odniesieniu do odkształceń badanego elementu

## 4. WNIOSKI

Przeprowadzone badania wytrzymałościowe pozwoliły sformułować następujące wnioski:

1. Drewno gruszy i śliwy mogłoby znaleźć zastosowanie w wykonywaniu belek wstępnie wygiętych jako mniej wyborowe niż na przykład bukowe lub dębowe.
2. Drewno tych gatunków liściastych mogłoby być wykorzystywane w rekonstruowanych konstrukcjach do wykonywania łączników drewnianych w postaci klocków, płytek i pierścieni, czyli elementów pracujących na zginanie.

## LITERATURA

- [1] Bogusz W., 1998. Projektowanie architektoniczne i budownictwo regionalne. WSiP Warszawa.
- [2] Bryl J. (red.), Bryl S. (red.), 1958. Tablice inżynierskie. Konstrukcje drewniane – murowe – technologia betonu – konstrukcje żelbetowe – stalowe – sprężone – obciążenia – różne, tom III. PWN Poznań.
- [3] Bryl B., Kołodziej J., Pelc K., 1986. Mechanizacja produkcji zwierzęcej z elementami budownictwa inwentarskiego. PWRiL Warszawa.
- [4] Dziarnowski Z., Michniewicz W., 1974. Konstrukcje z drewna i materiałów drewnopochodnych. Arkady Warszawa.
- [5] Gołębiowski Z., 1975. Konstrukcje drewniane. PWN Warszawa.
- [6] Kotwica J., 2007. Konstrukcje drewniane w budownictwie tradycyjnym. Arkady Warszawa.
- [7] Lis Z., Rapp P., 2007. Drewno i materiały drewnopochodne. [W:] Budownictwo ogólne, T. 1. Materiały i wyroby budowlane, B. Stefańczyk (red.). Arkady Warszawa.
- [8] Mielczarek Z., 1994. Budownictwo drewniane. Arkady Warszawa.
- [9] Prowans S., 1980. Materiałoznawstwo. PWN Warszawa – Poznań.
- [10] Wojciechowski L., 1988. Materiały budowlane w budownictwie indywidualnym. Arkady Warszawa.