

# ZINTEGROWANY MODEL KONSTYTUTYWNY DREWNA

Autor: mgr inż. Piotr Grobelny

Promotor: dr hab. inż. Włodzimierz Idczak, prof. WAT

W pracy po krótkim wstępie opisano właściwości fizyczne i mechaniczne drewna. Opisano także budowę mikro i makroskopową drewna jak i czynniki ekologiczne: czynniki abiotyczne i biotyczne.

Przegląd aktualnie dostępnej literatury dotyczącej drewna rozpoczęto od badań naukowych ukierunkowanych na budowę mikro i makroskopową. W kolejnym kroku poszukiwano prac na temat badań anizotropowych sprężystych i lepko-sprężysto-plastycznych właściwości mechanicznych drewna. Następnie opisano prace teoretyczne na temat właściwości mechanicznych drewna oraz czynników ekologicznych. Podano także, jakie według Autora są braki w dziedzinie mechaniki, reologii i plastyczności drewna a następnie na tej podstawie sformułowano tezę pracy oraz zapisano także cel i zakres pracy.

W dalszej części pracy zaproponowano niewystępujący w literaturze model lepko-sprężysto-plastyczny drewna. Opisano go operatorową relacją konstytutywną oraz stowarzyszonym z powierzchnią plastyczności Hu-Marina, prawem plastycznego płynięcia. Natomiast, gdy podstawiono do operatorowej relacji konstytutywnej wymuszenie w postaci skoku naprężenia otrzymano funkcję pełzania. W kolejnych krokach otrzymano funkcję relaksacji na podstawie równoznaczności sformułowanego związku fizycznego dla ciał liniowo lepko-sprężystych. Stałe funkcji pełzania zaczerpnięto z literaturowych badań doświadczalnych. Badania dotyczyły różnych rodzajów drewna (drewno zdrowe oraz porażone biologicznie), różnego czasu trwania obciążenia oraz różnych wilgotności drewna, które poprzez odpowiednie modyfikacje posłużyły również, jako stałe dla funkcji relaksacji.

W zasadniczej części pracy opisano i scharakteryzowano zintegrowany lepko-sprężysto-plastyczny model konstytutywny drewna w zależności od rodzaju drewna oraz czynników ekologicznych. Zintegrowany model konstytutywny drewna złożony jest z tensorów sztywności i podatności. Tensory sztywności i podatności w swojej budowie zawierają funkcje pełzania i relaksacji, współczynniki Poisson'a oraz moduły ścinania postaciowego. W zależności od potrzeb, zintegrowany model konstytutywny drewna można upraszczać, poprzez eliminacje stałych, do zagadnień płaskich oraz jednowymiarowych od lepko-sprężysto-plastycznych po sprężyste.

Uwiarygodnienie ilościowe jak i jakościowe przyjętego zintegrowanego modelu drewna zweryfikowano porównując model tarczy w płaskim stanie naprężeń i odkształceń o danym przekroju z próbami jednoosiowego rozciągania lub ściskania próbki drewnianej. W analizie przyjęto reprezentacje wcześniej wyznaczonych tensorów sztywności i podatności oraz hipotezy wytrzymałościowej Hu-Marina opisującej drewno, jako materiał ortotropowy w zależności od rodzaju drewna, wilgotności drewna, czasu trwania obciążenia i granic plastyczności w kierunkach anatomicznych drewna. Stałe funkcji pełzania i relaksacji zaczerpnięto z literaturowych badań doświadczalnych, w których uwzględniono różne rodzaje drewna (drewno zdrowe oraz porażone biologicznie) oraz różny czas trwania obciążenia. Badania dotyczyły następujących wilgotności drewna: 4,8%, 9,5% i 37%.

Wyniki analiz opisano we wnioskach końcowych.

# INTEGRATED CONSTITUTIVE MODEL OF WOOD

Author: mgr inż. Piotr Grobelny

Supervisor: dr hab. inż. Włodzimierz Idczak, prof. WAT

After a short introduction, the paper describes the physical and mechanical properties of wood. The micro and macroscopic structure of wood was also described, as well as ecological factors: abiotic and biotic factors.

The review of the currently available wood literature began with scientific research focused on micro and macroscopic structures. In the next step, works on the anisotropic elastic and viscoelastic-plastic mechanical properties of wood were sought. Then, theoretical works on the mechanical properties of wood and ecological factors were described. It was also given what, according to the author, there are shortages in the field of mechanics, rheology and plasticity of wood, and then, on this basis, the thesis was formulated and the purpose and scope of the work were also written.

In the further part of the work, a visco-elastic-plastic model of wood, which does not exist in the literature, was proposed. It is described by the operator's constitutive relation and associated with the Hu-Marina plastic surface, the law of plastic flow. On the other hand, when the excitation in the form of a stress jump was substituted into the operator constitutive relation, the creep function was obtained. In the next steps, the relaxation function was obtained based on the equivalence of the formulated physical relationship for linearly viscoelastic bodies. The creep function constants were taken from the experimental research in the literature. The research concerned various types of wood (healthy and biologically infested wood), different duration of load and different wood humidity, which, through appropriate modifications, also served as constants for the relaxation function.

The main part of the work describes and characterizes the integrated visco-elastic-plastic constitutive model of wood depending on the type of wood and ecological factors. The integrated constitutive model of wood is composed of stiffness and compliance tensors. The structure of the stiffness and compliance tensors includes creep and relaxation functions, Poisson's coefficients and shear modulus. Depending on the needs, the integrated constitutive model of wood can be simplified, by eliminating constants, to flat and one-dimensional problems, from viscoelastic-plastic to elastic.

The quantitative and qualitative validation of the adopted integrated wood model was verified by comparing the shield model in a flat state of stresses and deformations with a given cross-section with uniaxial tensile or compression tests of a wooden sample. The analysis assumed the representations of the previously determined stiffness and compliance tensors and the Hu-Marina strength hypothesis describing wood as an orthotropic material depending on the type of wood, wood moisture, duration of the load and plasticity limits in the anatomical directions of the wood. The constants of the creep and relaxation functions were taken from the experimental studies in which various types of wood (healthy and biologically infested) and different duration of load were taken into account. The research concerned the following wood humidity: 4.8%, 9.5% and 37%.

The results of the analyzes were described in the final conclusions.