

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНОТО ПОЛЕ ВЪВ ФУРНИРНИ ДЪБОВИ ПРИЗМИ ПО ВРЕМЕ НА РАЗМРАЗЯВАНЕТО ИМ

Ненчо Делийски, Веселин Брезин, Радослав Милчев, Иван Христов
Лесотехнически университет, София

Резюме

Работата представя 3D цветни визуализации с Excel 2010 на резултати, получени с нелинеен 3D модел на процеса на нагряване на съдържащи лед призматични дървени материали. С модела е изчислено нестационарното разпределение на температурното поле в обема на съдържащи лед дъбови призми с дебелина 0,4 m, широчина 0,4 m, дължина 0,8 m и начална температура $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ по време на размразяването им при температура на обработващата среда $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Изследвано, визуализирано и сравнено помежду им е изменението на температурното поле в обема на дъбови призми с влагосъдържание $0,3\text{ kg.kg}^{-1}$ и $0,6\text{ kg.kg}^{-1}$. Първите от тях съдържат лед от замръзването само на хигроскопично свързаната вода в дървесината, а вторите – от замръзването едновременно на хигроскопично свързана и на свободна вода в дървесината. Резултатите от изследванията са въведени в софтуера на микропроцесорни програмируеми контролери, с помощта на които се осъществява оптимизирано автоматично управление на процеса на размразяване на призматични дървени материали с цел пластифицирането им в производството на рязан фурнир.

Ключови думи: замръзвали дървени призми, размразяване, изчисляване, визуализация, термично обработване, температурно разпределение.

Key words: frozen wooden prisms, defrosting, computation, visualization, thermal treatment, temperature distribution.

JEL: Q23.

Увод

За оптимизиране на управлението на процеса на размразяване на фурнирните призми при термичното им обработване в производството на рязан фурнир е необходимо да знае разпределението на температурното поле в тях във всеки момент от размразяването [1, 5].

В настоящата работа предложен по-рано от първия съавтор нелинеен модел на нагряването на съдържащи и несъдържащи лед призматични дървени материали [2, 3] е допълнен с математично описание на зависимостта на влагосъдържанието при границата на насищане на клетъчните стени на различните дървесни видове от температурата.

Цел на работата е с помощта на актуализирания модел е да бъде изчислено и визуализирано разпределението на температурата t в дъбови призми с дебелина $d=0,4\text{ m}$, широчина $b=0,4\text{ m}$, дължина $L=0,8\text{ m}$, начална температура $t_0=-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и влагосъдържание $u=0,3\text{ kg.kg}^{-1}$, съдържащи лед само от свързаната вода, а също с $u=0,6\text{ kg.kg}^{-1}$, съдържащи лед както от свързаната, така и от свободната вода в дървесината по време на размразяването им при температура на обработващата среда $t_m=80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1. Изчисляване на 3D изменение t във фурнирните призми по време на размразяването им

Разпространението на топлината в обема на дървени призми по време на тяхното размразяване се описва от 3D математичен модел, съдържащ диференциалното уравнение на топлопроводността в правоъгълни координати, чието числено решаване с помощта на компютър е дадено в [2, 3].

Представеният в [2] модел е актуализиран чрез въвеждане в математичните описания на включените в него топлофизични характеристика на дървесината на зависимостта на участващото в тях влагосъдържание при границата на насищане на клетъчните стени на различните дървесни видове от температурата. Това е извършено с използване на подхода, който е изложен в [6].

За решаване на актуализирания модел от нас е изготвен софтуер в изчислителната среда на Visual Fortran Professional, която е част от офис-пакета на Windows. С помощта на този софтуер е изследвано 3D изменение на температурата в съдържащи лед призматични дъбови материали с $d=0,40\text{ m}$, $b=0,40\text{ m}$, $L=0,80\text{ m}$, начална температура $t_0=-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и базисна плътност $\rho_b=670\text{ kg.m}^{-3}$ [1, 3] по време на термичното им обработване с цел размразяване в течение на 20 h при $t_m=80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На фиг. 1 и фиг. 3 са дадени табулограми с изчисленото разпределение на t във възлите на изчислителната мрежа в централното напречно сечение на призмите на всеки 5 h от размразяването им.

На фиг. 4 се виждат характерните участъци на задържане на температурата твърде продължително време в диапазона от $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в петата и особено шестата характерни точки на призмата с $u=0,6\text{ kg.kg}^{-1}$, докато в този диапазон [4] се осъществява фазовият преход и се разтопи ледът, образуван от свободната вода в дървесината. Подобни участъци липсват при разтопяването на леда, образуван се в дървесината от замръзването само на хигроскопично свързана вода в нея (фиг. 3).

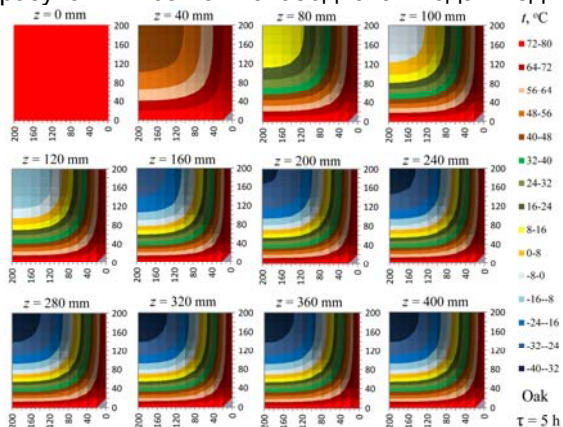
Причина за това е обстоятелството, че разтопяването на леда от свързаната вода става не в малък температурен интервал, а постепенно в целия диапазон от началната температура на замръзнатата дървесина $t_0=-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до достигането на $t=-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ [4].

На фиг. 4 се вижда, че пълно разтопяване на образувалия се от свободната вода лед в

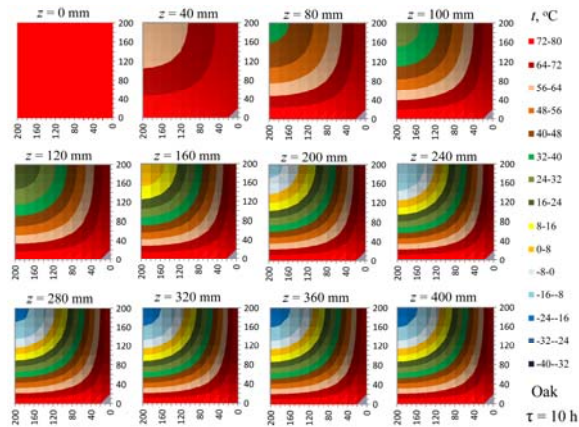
центъра на изследваните дъбови призми настъпва след 19,5 h нагряване, докато от фиг. 4 следва, че пълното размразяване на призми, съдържащи почти максимално възможното количество лед само от адсорбционно свързаната вода, е с около 5,0 h по-кратко.

2. Визуализация на 3D разпределение на температурните полета в призмите при размразяването

На фиг. 5 и фиг. 6 са показани цветни диаграми, които илюстрират разпределението на температурата в обема на изследваните призми, представено чрез изменението ѝ в 12 екидистантни техни напречни сечения след продължителност на размразяването $\tau=5\text{ h}$ и $\tau=10\text{ h}$.

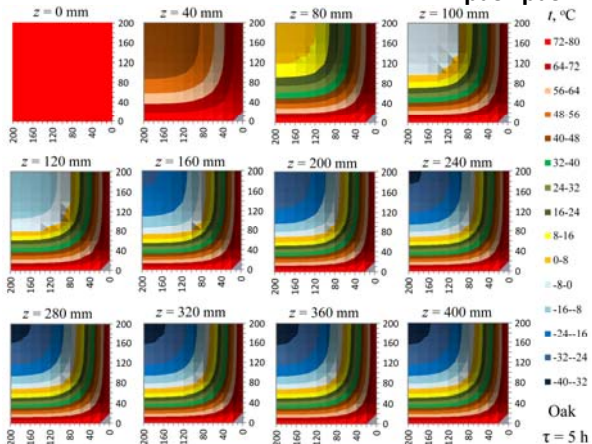


а)

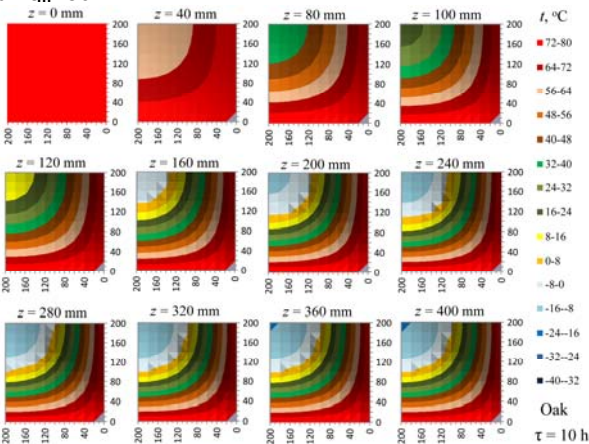


б)

Фиг. 5. Разпределение на t в обема на дъбова призма с $t_0=-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $u=0,3\text{ kg.kg}^{-1}$ след 5 h (а) и 10 h (б) размразяване при $t_m=80\text{ }^{\circ}\text{C}$



а)



б)

Фиг. 6. Разпределение на t в обема на дъбова призма с $t_0=-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $u=0,6\text{ kg.kg}^{-1}$ след 5 h (а) и 10 h (б) размразяване при $t_m=80\text{ }^{\circ}\text{C}$

Тези диаграми са построени с помощта на инструментариума на Microsoft Excel 2010 въз основа на изчисленото с актуализирания модел изменение на температурното поле в обема на

подложените на размразяване дъбови призматични материали с размери $0,4 \times 0,4 \times 0,8\text{ m}$, част от което е показано на фиг. 1 и фиг. 2.

Анализът на диаграмите на фиг. 5 и фиг. 6 показва следното:

- когато подложената на размразяване призма съдържа лед, образувал се от замръзването само на свързана вода в дървесината, тогава всички граници между съседните температурни зони на диаграмите представляват гладки криви линии (фиг. 5);
- когато призмата съдържа лед, образувал се от замръзването както на свързана, така и на свободната вода в дървесината, тогава върху диаграмите се нарушава гладкостта на границата между съседните температурни зони от $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и от $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (фиг. 6). Причина за това е задържането на t в точките от вътрешните слоеве на призмата твърде продължително време в диапазона от $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (фиг. 4), докато в тях изцяло се разтопи ледът, образувал се от замръзването на свободната вода в дървесината [4]. Докато точките с неразтопил се изцяло такъв лед се намират все още в цветовата зона от $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, то съседни на тях точки от изчислителната мрежа след напълно разтопяване на леда в тях се намират в зоната от $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Това обуславя назъбване на границата между тези зони на диаграмите на фиг. 6.

На диаграмите се забелязва значително по-бързото нарастване на температурата по дължината на дървените материали, отколкото напречно на дървесните влакна. Причина за това е около 2,03 пъти по-големия коефициент на топлопроводност надлъжно на влакната на дъбовата дървесина, отколкото в напречно на

влакната направление (осреднено между радиално и тангенциално направление) [2].

Заклучение

Резултатите от настоящите и аналогични други изследвания с различни дървесни видове са въведени в софтуера на микропроцесорни програмируеми контролери за автоматично управление на процеса на термично обработване на съдържащи и несъдържащи лед призматични дървени материали.

Контролерите осигуряват по-прецизно и значително по-енергоефективно управление на пластифицирането на материалите в сравнение с това при предишната версия на софтуера им [2, 3]. Добиваният от пластифицираните трупи рязан фурнир отговаря изцяло на високите качествени изисквания на международния пазар.

Благодарности

Тази работа е изготвена при разработването на проект № 114/2011 г., който се подпомага финансово от НИС при ЛТУ.

Литература

1. Виделов, Х. Сушене и топлинно обработване на дървесината. ЛТУ. София. 2003.
2. Делийски, Н. Моделиране и технологии за пропарване на дървени материали в автоклави. Дис. за дтн. ЛТУ. София. 2003.
3. Делийски, Н., Дзуренда, Л. Моделиране на топлинни процеси в технологиите за обработване на дървесина. Изд. „Авангард Прима”. София. 2010.
4. Чудинов, Б. Теория тепловой обработки древесины. Наука. Москва. 1968.
5. Шишков, И. Фурнирно и шперплатно производство. Земиздат. София. 1972.
6. Deliiski, N. *Computation of the Wood Thermal Conductivity during Defrosting of the Wood*. Wood research. 58 (3). 2012.

VISUALIZATION OF THE TEMPERATURE FIELD IN FROZEN VENEER OAK PRISMS DURING THEIR DEFROSTING

Nencho Deliiski, Veselin Brezin, Radoslav Miltchev, Ivan Hristov
University of Forestry, Sofia, Bulgaria

Abstract

This paper presents 3D colour visualization in Excel 2010 of results obtained with the help of a non-linear 3D model for the heating process of frozen wood materials with prismatic shape. The non-stationary distribution of the temperature field has been computed in the volume of frozen oak prisms with thickness equal to 0.4 m, width 0.4 m, length of 0.8 m and initial wood temperature of $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ during their defrosting at the temperature of the processing medium of $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. The change of the temperature field in the volume of prisms with moisture content 0.3 kg.kg^{-1} and 0.6 kg.kg^{-1} has been studied, visualized and compared between each other. The prisms with moisture content 0.3 kg.kg^{-1} contain ice created in them from the freezing of bounded water in the wood, and the prisms with 0.6 kg.kg^{-1} contain ice created both from the freezing of bounded water in the wood as well as from the free water in the wood. The results from the studies have been input in the software of microprocessor programmable controllers, with whose help the optimized automatic control of the defrosting process of frozen wooden prisms with the aim of their plasticizing for the production of veneer has been carried out.