

2D И 3D ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНОТО ПОЛЕ В ОБЛИ ДЪБОВИ МАТЕРИАЛИ ПО ВРЕМЕ НА РАЗМРАЗЯВАНЕТО ИМ

Ненчо Делийски¹, Радослав Милчев¹, Ладислав Дзуренда², Иван Христов¹

¹ Лесотехнически университет, София

² Технически университет, Зволен, Словакия

Резюме

Работата представя 3D и 2D визуализации на резултати, получени с нелинеен модел на нагряването на съдържащи лед обли дървени материали, който е предложен, а по-късно и ъпдейтван от първия съавтор. С модела е изчислено нестационарното разпределение на температурното поле в надлъжното сечение на съдържащи лед обли дъбови материали с диаметър 0,4 m, дължина 0,8 m и начална температура -40 °C по време на размразяването им при температура на обработващата среда 80 °C. Изследвано, визуализирано и сравнено помежду им е изменението на температурното поле в надлъжното сечение на материали с влагосъдържание 0,3 kg.kg⁻¹ и 0,6 kg.kg⁻¹. Първите от тях съдържат лед от замръзването само на хигроскопично свързаната вода в дървесината, а вторите – от замръзването както на хигроскопично свързаната, така и на свободната 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 обли дървени материали с цел пластифицирането им в производството на развит фурнир.

Ключови думи: замръзвали трупи, размразяване, изчисляване, визуализация, топлинно обработване, температурно разпределение.

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

Увод

За оптимизиране на управлението на процеса на размразяване на трупи при топлинното им обработване в производството на развит фурнир е необходимо да знае разпределението на температурното поле в тях във всеки момент от размразяването.

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

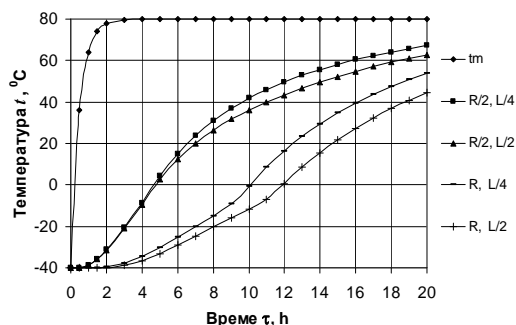
Цел на работата е с помощта на ъпдейтвания модел е да бъде изчислено и визуализирано разпределението на температурата t в обли дъбови материали с диаметър 0,4 m, дължина 0,8 m, начална температура -40 °C и влагосъдържание $u=0,3 \text{ kg.kg}^{-1}$, съдържащи лед само от адсорбционно свързаната вода, а също с $u=0,6 \text{ kg.kg}^{-1}$, съдържащи лед както от адсорбционно свързаната, така и от свободната вода в дървесината по време на размразяването им при температура на обработващата среда 80 °C.

1. Изчисляване на 2D изменение t в материалите по време на размразяването им

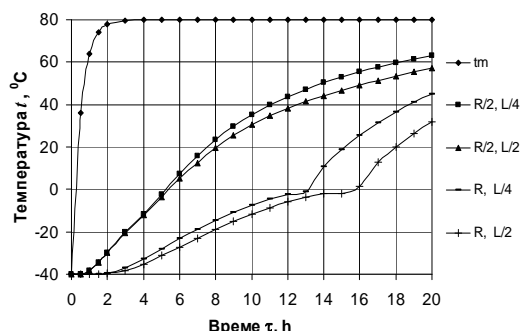
Разпространението на топлината в обема на обли дървени материали по време на тяхното размразяване се описва от 2D математичен модел, съдържащ диференциалното уравнение на топлопроводността в полярни координати, чието числено решаване с помощта на компютър е дадено в [3].

Представеният в [3] модел е ъпдейтван чрез въвеждане в математичните описания на включените в него топлофизични характеристики 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 [1].

За решаване на ъпдейтвания 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 2D изменение на температурата в съдържащи лед обли дъбови материали с $R=0,20 \text{ m}$, $L=0,80 \text{ m}$, начална температура $t_0=-40 \text{ }^\circ\text{C}$ и базисна плътност $\rho_b=670 \text{ kg.m}^{-3}$ [2] по време на топлинното им обработване с цел размразяване в течение на 20 h при $t_m=80 \text{ }^\circ\text{C}$. На фиг. 1 и фиг. 2 е показано изменението на температурата на повърхността на



Фиг. 1. Изменение на t в надлъжното сечение на объл дъбов материал с $u=0,3 \text{ kg.kg}^{-1}$ по време на размразяването му при $t_m = 80 \text{ }^\circ\text{C}$



Фиг. 2. Изменение на t в надлъжното сечение на объл дъбов материал с $u=0,6 \text{ kg.kg}^{-1}$ по време на размразяването му при $t_m = 80 \text{ }^\circ\text{C}$

подложените на размразяване трупи, която е равна на t_m , а също на t в 4 характерни точки от надлъжното сечение (координатите им са дадени в легендите на фигурите) на трупи с $u=0,3 \text{ kg.kg}^{-1}$, съдържащи лед само от адсорбционно свързаната вода, и с $u=0,6 \text{ kg.kg}^{-1}$, съдържащи лед както от адсорбционно свързаната, така и от свободната вода в дървесината.

На фиг. 2 добре се виждат участъците на задържане на температурата твърде продължително време в диапазона от $-2 \text{ }^\circ\text{C}$ до $-1 \text{ }^\circ\text{C}$ в разположените на оста на трупа с $u=0,6 \text{ kg.kg}^{-1}$ точки с координати (R, L/4) и (R, L/2), докато в тях изцяло се „разтопи“ ледът, образуван от замръзването на свободната вода в дървесината [2]. Аналогични участъци липсват при „разтопяването“ на леда, образуван се в дървесината от замръзването само на адсорбционно свързаната вода в нея (фиг. 1).

От фиг. 2 се вижда, че пълното разтопяване на леда от свободната вода в центъра на изследваните дъбови обли материали настъпва

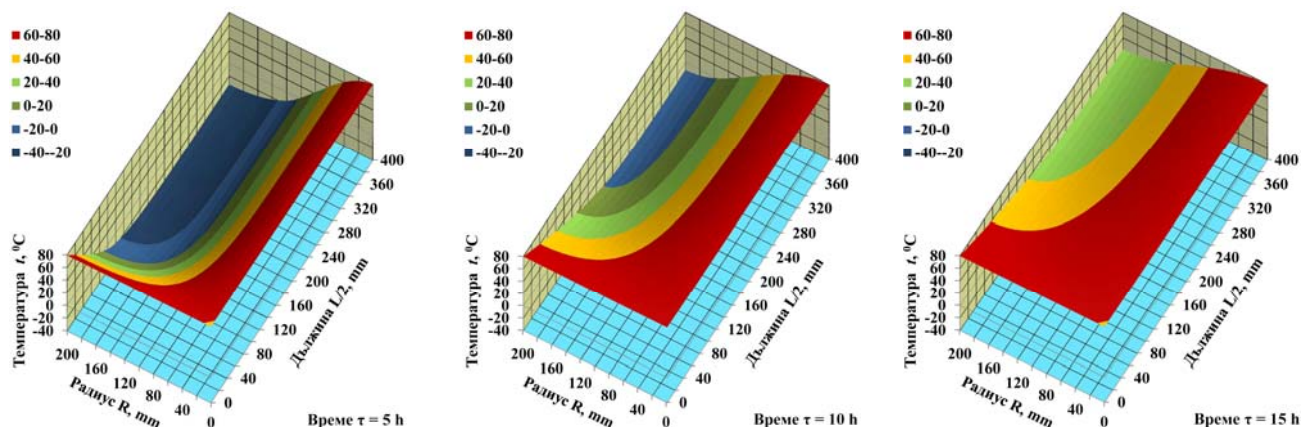
след 16 h размразяване, а от фиг. 2 следва, че пълното размразяване на материали, съдържащи лед само от адсорбционно свързана вода, е с около 4 h по-кратко.

2. Визуализация на температурното поле в материалите по време на размразяването им

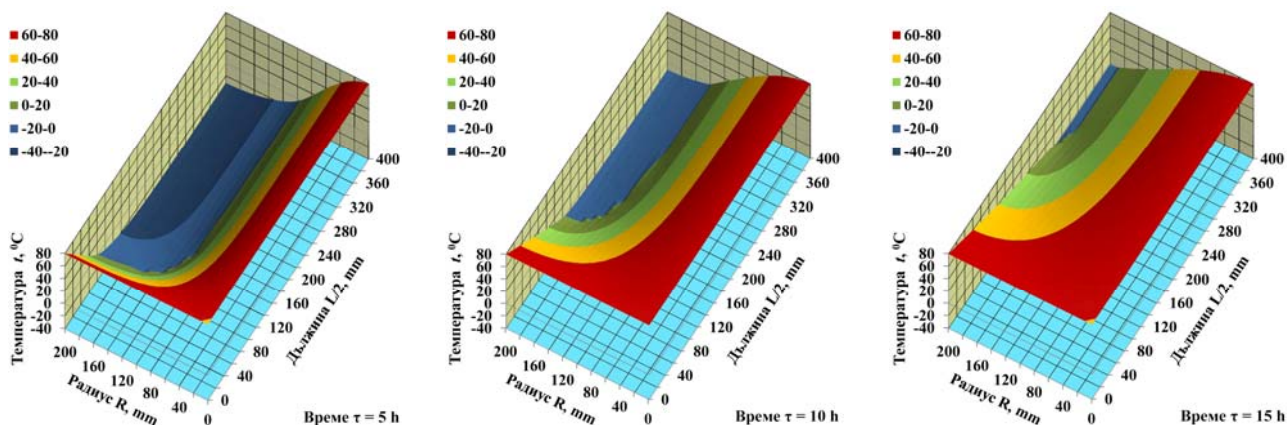
С помощта на софтуера на Microsoft Excell 2010 от нас са изготвени цветни тримерни изображения на изчислените с ъпдейтвания модел изменения на температурното поле по надлъжното сечение на подложените на размразяване обли буквени материали.

Построените с Excell 3D графики са запаменени отначало в .pdf формат, а след това с помощта на Adobe Acrobat X Pro те са трансформирани в .jpg формат

На фиг. 3 и фиг. 4 са показани серии от 3D графиките, които илюстрират разпределението на t в надлъжното сечение на материалите след продължителност на размразяването $\tau=5 \text{ h}$, $\tau=10 \text{ h}$ и $\tau=15 \text{ h}$.



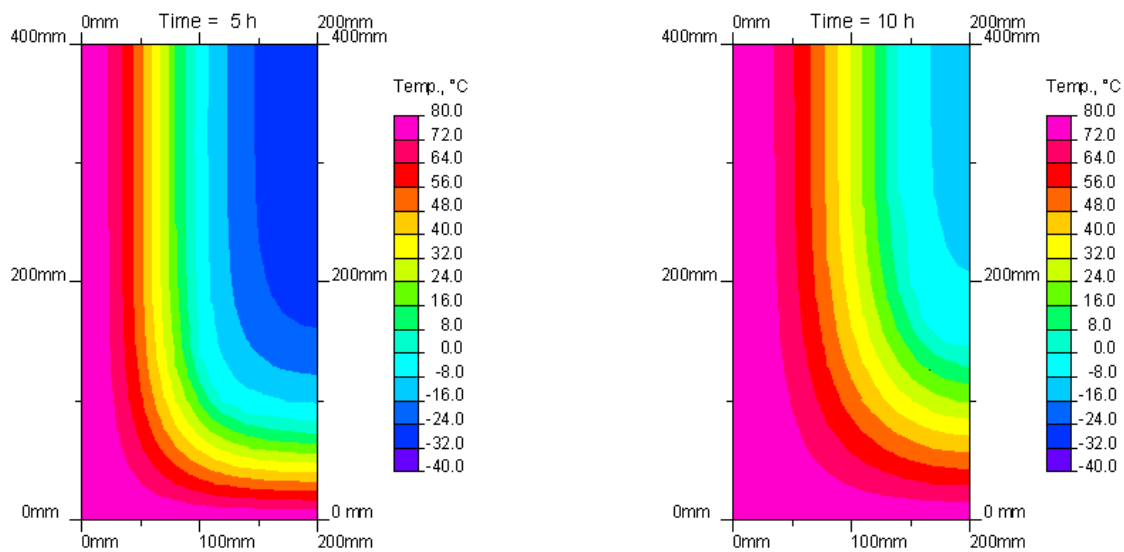
Фиг. 3. 3D графики с разпределението на t в объл дъбов материал с $t_0=-40 \text{ }^\circ\text{C}$ и $u=0,3 \text{ kg.kg}^{-1}$ след 5 h, 10 h и 15 h размразяване при $t_m = 80 \text{ }^\circ\text{C}$



Фиг. 4. 3D графики с разпределението на t в объл дъбов материал с $t_0 = -40$ °C и $u = 0,6$ kg.kg⁻¹ след 5 h, 10 h и 15 h размразяване при $t_m = 80$ °C

На фиг. 5 са показани серии от 2D цветни диаграми, които показват разпределението на температурното поле в надлъжното сечение на изследваните материали $u = 0,6$ kg.kg⁻¹ след

продължителност на размразяването $\tau = 5$ h и $\tau = 10$ h. Те са построени с помощта на софтуера, използван в [4].



Фиг. 5. 2D диаграми с разпределението на t в объл дъбов материал с $t_0 = -40$ °C и $u = 0,6$ kg.kg⁻¹ след 5 h и 10 h размразяване при $t_m = 80$ °C

На фиг. 4 и фиг. 5 е налице нарушаване на гладкостта на границите между цветовете зони, които са от двете страни на 0 °C. Причина за това е посоченото по-горе при анализа на фиг. 2 задържане на t в отделните точки на материала твърде продължително време в диапазона от -2 °C до -1 °C, докато в тях изцяло се „разтопи“ ледът, образуван от замръзването на свободната вода в дървесината.

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 трупи (фиг. 6).



Фиг. 6. Програмируеми контролери (ляво) за автоматично управление на процеса на термично обработване на съдържащи и несъдържащи лед трупци в пропарващи ями (дясно)

Контролерите осигуряват по-прецизно и значително по-енергоефективно управление на пластифицирането на трупците в сравнение с това при предишната версия на софтуера им [2]. Добиваният от пластифицираните трупци развит фурнир и произвежданите от него слюести изделия и шперплат отговарят изцяло на високите качествени изисквания на международния пазар.

Благодарности

Тази работа е изготвена като част от разработването на съвместен проект между ТУ, гр. Зволен, Словакия и ЛТУ, гр. София на тема „Моделиране и визуализация на процесите на размразяване на дървесината в технологиите за термичното ѝ обработване“, който се подпомага финансово от НИС при ЛТУ (проект 114/2011 г.).

Литература

1. Делийски, Н. *Математично описание на коефициента на топлопроводност на дървесината по време на разтопяване на леда в нея, образуван от хигроскопично свързаната вода*. МНК „Автоматика и информатика“ 11“. 3-7 октомври 2011. САИ. София. В-201÷В-204.
2. Делийски, Н., Дзуренда, Л. *Моделиране на топлинни процеси в технологиите за обработване на дървесина*. Изд. „Авангард Прима“. София. 2010. 299 с.
3. Deliiski, N. *Modelling and automatic control of the process of thermal treatment of logs*. Information Technologies and Control. UAI. Sofia. 2005. 9-14.
4. Deliiski, N., Dzurenda, L., Miltchev, R. *Computation and 3D visualization of the transient temperature distribution in logs during steaming*. Acta Facultatis Xilologie Zvolen, 52(2). 2010. 23-31.

2D AND 3D VISUALIZATION OF THE TEMPERATURE FIELD IN FROZEN OAK LOGS DURING THEIR DEFROSTING

Nencho Deliiski¹, Radoslav Miltchev¹, Ladislav Dzurenda², Ivan Hristov¹

¹ University of Forestry, Sofia, Bulgaria

² Technical University, Zvolen, Slovakia

Abstract

This paper presents 3D and 2D visualisation of results obtained with the help of a non-linear model for the heating of frozen logs, which is suggested and later updated by the first co-author. The non-stationary distribution of the temperature field has been computed in the longitudinal section of frozen oak logs with diameter equal to 0,4 m, length of 0,8 m and initial temperature of -40 °C during their defrosting at the temperature of the processing medium of 80 °C. The change of the temperature field in the longitudinal section of logs with moisture content 0,3 kg.kg⁻¹ and 0,6 kg.kg⁻¹ has been studied, visualized and compared between each other. The logs with moisture content 0,3 kg.kg⁻¹ contain ice created in them from the freezing of hygroscopically bounded water in the wood, and the logs with 0,6 kg.kg⁻¹ contain ice created both from the freezing of hygroscopically 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 logs with the aim of their plasticizing for the production of veneer has been carried out.