

## ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА СПЕЦИФИЧНИЯ ТОПЛИНЕН КАПАЦИТЕТ НА МЕБЕЛНИ ЕЛЕМЕНТИ, ПОДЛОЖЕНИ НА КОНВЕКТИВНО НАГРЯВАНЕ ПРЕДИ ЛАКИРАНЕ

Ненчо Делийски<sup>1</sup>, Нено Тричков<sup>1</sup>, Ладислав Дзуренда<sup>2</sup>, Димитър Ангелски<sup>1</sup>,  
Живко Гочев<sup>1</sup>, Наталия Тумбаркова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Лесотехнически университет, София

<sup>2</sup>Технически университет, Зволен, Словакия

### Резюме

Предложена е методология за математично моделиране и изследване на два взаимно свързани проблема: едномерно разпределение на температурата по дебелината на плоски дървени елементи и изменение на техния средномасов специфичен топлинен капацитет по време на едностранното им конвективно нагриване преди лакиране. За реализиране на методологията е използван съставен по-рано от авторите 1D нелинеен модел на процеса на нагриване на дървени детайли при конвективни гранични условия. Моделът съдържа математично описание на средномасовия специфичен топлинен капацитет на детайлите. За числено решаване на модела с цел прилагане на методологията е изготвена програма, която е въведена в изчислителната среда на Visual Fortran Professional. С нея са извършени изчисления за определяне на 1D нестационарно разпределение на температурата по дебелината на плоски дъбови мебелни елементи с начална температура 20 °C, съдържание на вода 8%, дебелина 16 mm, широчина 0,6 m и дължина 1,2 m по време на едностранното им конвективно нагриване в течение на 10 min при температура на горещия въздух 100 °C, който циркулира над елементите със скорост 2 m·s<sup>-1</sup>, 5 m·s<sup>-1</sup> и 8 m·s<sup>-1</sup> с цел подобряване на условията на последващото лаково филмообразуване. Приета е температура 20 °C на въздуха откъм ненагриваната повърхност на носещата елементите гумена лента. Графично представено и анализирано е изчисленото изменение по време на нагриването на средномасовите специфични топлинни капацитети на детайлите и на техния подлежащ на лакиране нагрят повърхностен слой.

**Ключови думи:** мебелни детайли, едностранно нагриване, лакиране, специфичен топлинен капацитет.

**Key words:** furniture elements, unilateral convective heating, lacquering, specific heat capacity.

**JEL:** C63, O3, O14, Q23.

### Увод

Предварително нагриване на подлежащи на лакиране мебелни повърхнини се прилага с цел ускоряване втвърдяването на тънки покрития от лакови системи с органични разтворители. При нанасяне на лаковите покрития върху нагрятата повърхност се интензифицира изпарението на разтворителите и се отстранява въздухът от порите на дървесината [7, 10]. Съоръженията за предварително нагриване на подлежащи на лакиране мебелни елементи се оформят като тунелни секции (фиг. 1), пригодени за включване в поточни линии за формиране на защитно-декоративни покрития [4, 5, 9, 11, 12].



Фиг. 1. Общ вид на съоръжение за едностранно конвективно нагриване на мебелни елементи преди последващото им лакиране

В специализираната литература липсват сведения относно изменението на специфичния топлинен капацитет на подлежащи на конвективно нагриване дървени мебелни елементи преди лакирането им, в зависимост от влияещите фактори.

Информация за този капацитет е необходима за научно обосновано определяне на редица параметри на разглеждания процес по налични в литературата методики. Ето защо всяко изследване в тази насока представлява както научен, така и практически интерес.

Цел на настоящата работа е да се предложи методология за математично моделиране и изследване на два взаимно свързани проблема: едномерно разпределение на температурата по дебелината на плоски мебелни елементи от масивна дървесина и изменение на техния средномасов специфичен топлинен капацитет по време на едностранното им конвективно нагриване преди лакиране.

### 1. Механизъм на разпространение на топлината в дървените мебелни елементи по време на конвективното им нагриване

При мебелни елементи, чиято широчина и дължина превишават дебелината им поне съответно 2÷3 пъти и 4÷5 пъти, изчисляването на

нестационарното изменение на температурата по дебелината  $h$  на най-бавно нагряващото се тяхно напречно сечение по време на едностранното им конвективно нагряване може да се осъществи с помощта на следния 1D нелинеен математичен модел [3, 6]:

$$c_w(T, u) \rho_w(\rho_b, u, u_{fsp}, S_v) \frac{\partial T_w(x, \tau)}{\partial \tau} = \lambda_w(T, u, \rho_b) \frac{\partial^2 T_w(x, \tau)}{\partial x^2} + \frac{\partial \lambda_w(T, u, \rho_b)}{\partial T} \left( \frac{\partial T_w}{\partial x} \right)^2 \quad (1)$$

с начално условие

$$T_w(x, 0) = T_{w0} \quad (2)$$

и следните гранични условия (виж фиг. 2):

- откъм нагряваната повърхност на елементите – в условията на принуден конвективен топлообмен между дървесината и циркулиращия над нея горещ въздух:

$$\frac{dT_{w-hs}(\tau)}{dx} = - \frac{\alpha_{w-hs}(\tau)}{\lambda_{w-hs}(T, u, \rho_b, \tau)} [T_{w-hs}(\tau) - T_{ha}(\tau)], \quad (3)$$

- откъм ненагряваната повърхност на елементите – при температура, равна на температурата на горната страна на носещата гумена лента, върху която лежи ненагряваната страна на мебелния елемент (фиг. 2):

$$T_{w-nhs}(\tau) = T_{B-hs}(\tau), \quad (4)$$

където:

$x$  е координатата на отделните точки върху оста на нагряването, съвпадаща с дебелината на дървесните елементи и на транспортиращата ги гумена лента:  $0 \leq x \leq X = h_w + h_B$ , m (фиг. 2);

$h_w$  – дебелината на елементите, m;

$h_B$  – дебелината на гумената лента, m;

$c_w$  – специфичният топлинен капацитет на дървесината на елементите,  $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ ;

$u$  – съдържанието на вода на елементите,  $kg \cdot kg^{-1}$ ;

$u_{fsp}$  – границата на насищане на клетъчните стени на дървесния вид на елементите,  $kg \cdot kg^{-1}$ ;

$\lambda_w$  – коефициентът на топлопроводност напречно на влакната на дървесината,  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ;

$\lambda_{w-hs}$  – коефициентът на топлопроводност на нагряваната повърхност на елементите,  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ;

$\rho$  – плътността на дървесината на елементите,  $kg \cdot m^{-3}$ ;

$\rho_b$  – базисната плътност на дървесния вид на елементите,  $kg \cdot m^{-3}$ ;  $\tau$  – време, s;

$S_v$  – обемното съсъхване на дървесния вид на елементите, %;

$T$  – температурата, K;

$T_w$  – температурата на дървесината, K;

$T_{w0}$  – началната температура на подложените на нагряване елементи, K;

$T_w(x, 0)$  – температурата на всички точки по дебелината на елементите в началото на нагряването, K;

$T_{ha}$  – температурата на горещия въздух в близост до нагряваната повърхност на елементите, K;

$T_{B-hs}$  – температурата на горната повърхност на носещата лента, K;

$T_{w-hs}$  – температурата на нагряваната повърхност на елементите, K;

$T_{w-nhs}$  – температурата на ненагряваната повърхност на елементите, K;

$\alpha_{w-hs}$  – коефициентът на топлопредаване между нагряваната повърхност на елементите и околния въздух,  $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ . В [3] е дадено математично описание на  $\alpha_{w-hs}$ .

## 2. Механизъм на разпространение на топлината в носещата гумена лента по време на конвективното нагряване на елементите

Изчисляване изменението на температурата по дебелината на носещата гумена лента, върху която лежат мебелните елементи, т.е. по координатата  $x$  (виж фиг. 2) може да се извърши с помощта на следния 1D модел [3, 6]:

$$\frac{\partial T_B(x, \tau)}{\partial \tau} = a_B(T) \frac{\partial^2 T_B(x, \tau)}{\partial x^2} \quad (5)$$

с начално условие

$$T_B(x, 0) = T_{B0} \quad (6)$$

и следните гранични условия (виж фиг. 2):

- откъм горната повърхност на лентата – при температура, която е равна на температурата на долната ненагрявана страна на елементите:

$$T_{B-hs}(\tau) = T_{w-nhs}(\tau), \quad (7)$$

- откъм долната повърхност на лентата – в условията на свободен конвективен топлообмен между лентата и околния въздух:

$$\frac{dT_{B-nhs}(\tau)}{dx} = - \frac{\alpha_{B-nhs}(\tau)}{\lambda_{B-nhs}} [T_{B-nhs}(\tau) - T_{nha}(\tau)], \quad (8)$$

където:

$a_B$  в уравнение (5) е коефициентът на предаване на температура на гумената лента перпендикулярно на армиращите я текстилни влакна,  $m^2 \cdot s^{-1}$  [8];

$\lambda_B$  – коефициентът на топлопроводност на лентата,  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ;

$\lambda_{B-nhs}$  – коефициентът на топлопроводност на долната контактуваща с въздуха повърхност на лентата,  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ;

$\tau$  – времето, s;

$T_B$  – температурата на лентата, K;

$T_{B0}$  – началната температура на лентата, K;

$T_B(x,0)$  – температурата на всички точки по дебелината на лентата в началото на нагриването, K;

$T_{B-hs}$  – температурата на горната, контактуваща с мебелните елементи повърхност на лентата, K;

$T_{w-nhs}$  – температурата на контактуващата с лентата повърхност на мебелните елементи, K;

$T_{B-nhs}$  – температурата на долната контактуваща с околния въздух повърхност на лентата, K;

$T_{nha}$  – температурата на въздуха в близост до долната повърхност на лентата, K;

$\alpha_{B-nhs}$  – коефициентът на топлопредаване на долната повърхност на лентата,  $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ . В [3] е дадено уравнение за изчисляване на  $\alpha_{B-nhs}$ .

### 3. Математично описание на специфичния топлинен капацитет на дървесината

Известно е, че специфичният топлинен капацитет на материалите характеризира количествено способността им да поглъщат топлина при нагриването им и да я отдават при тяхното охлаждане [1, 2, 11]. Той се изразява с количеството топлина, което е необходимо за повишаване на единица маса от даден материал с единица температура.

Факторите, оказващи най-голямо влияние върху специфичния топлинен капацитет на дървесината  $c_w$ , са температурата  $t$  и съдържанието на вода  $u$ . Особено силно върху  $c_w$  влияе  $u$ , тъй като топлинният капацитет на водата е значително по-висок в сравнение с този на дървесното вещество. Затова капацитетът  $c_w$  нараства с увеличаване на  $u$ .

В [2, 6] е приведено следното уравнение, описващо зависимостта от температурата  $T$  (в K) на специфичния топлинен капацитет на дървесината  $c_w$  в хигроскопичния диапазон:

$$c_w = \frac{2097u + 826}{1 + u} + \frac{9.92u + 2.55}{1 + u} T + \frac{0.0002}{1 + u} T^2 \quad (9)$$

При топлинно оразмеряването на процеса на едностранно нагриване на дървени мебелни елементи по налични в литературата методики е необходимо да се разполага с информация за средномасовия специфичен топлинен капацитет

както на целите елементи  $c_{w-avg}$ , така и на техния нагриван, подлежащ на лакиране, повърхностен слой  $c_{wL-avg}$ .

Тези капацитети, по аналогия с (9), могат да бъдат определени с помощта на следните уравнения във функция от средномасовите температури на елемента  $T_{w-avg}$  и на слоя  $T_{wL-avg}$ , получени след интегриране на изчисленото с модела (1)-(4) нестационарно разпределение на температурата по дебелината съответно на елемента и на повърхностния му слой:

$$c_{w-avg} = \frac{2097u + 826}{1 + u} + \frac{9.92u + 2.55}{1 + u} T_{w-avg} + \frac{0.0002}{1 + u} T_{w-avg}^2, \quad (10)$$

където:

$$T_{w-avg}(\tau) = \frac{1}{h_w} \int_{(h_w)} T_w(x, \tau) dx, \quad (11)$$

$$c_{wL-avg} = \frac{2097u + 826}{1 + u} + \frac{9.92u + 2.55}{1 + u} T_{wL-avg} + \frac{0.0002}{1 + u} T_{wL-avg}^2, \quad (12)$$

където

$$T_{wL-avg}(\tau) = \frac{1}{h_{wL}} \int_{(h_{wL})} T_{wL}(x, \tau) dx. \quad (13)$$

### 4. Изчисляване с модела изменението на $t$ по дебелината на елементите и на изменението на $c_{w-avg}$ , и $c_{wL-avg}$ по време на нагриването

Уравнения (10)-(13) и математичните описания на останалите топлофизични характеристики на дървесината, дадени в [2], са въведени в математичния модел на процеса на едностранно конвективно нагриване на плоски дървени мебелни елементи (1)-(4). Този модел, както и моделът (5)-(8), са представени в удобна за компютърно решаване форма. За целта е използвана явна схема на метода на крайните разлики по начин, който е описан в [2].

Представянето на модела чрез негов дискретен аналог, удобен за програмиране на език FORTRAN, е осъществено с използване на показаната на фиг. 2 система за позициониране на възлите на изчислителната мрежа, в които се пресмята 1D разпределение на температурата по дебелината на подложен на едностранно нагриване плосък дървен мебелен елемент и на носещата го транспортна лента. С числата от 1 до 17 на фиг. 2 е означен поредният номер на възлите на изчислителната мрежа по дебелината  $h_w$  на елемента, а числата от 17 до 21 са означените номерата на мрежата по дебелината

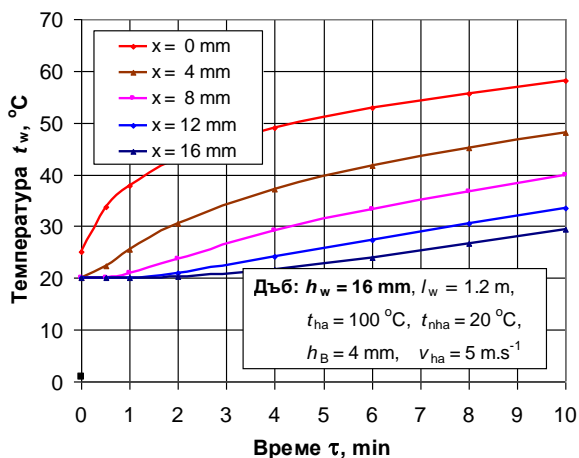
$h_B$  на лентата. С  $\Delta x$  е означено разстоянието между възлите на мрежата по координатната ос  $x$ , съвпадаща с 2-те дебелини.



**Фиг. 2. Позициониране на възлите на 1D изчислителна мрежа върху дебелината на подложени на едностранно конвективно нагряване плоски дървени материали**

За решаване на дискретните аналози на 2-та математични модела е изготвена програма в изчислителната среда на Visual Fortran Professional на фирмата Microsoft.

С програмата е изчислено 1D изменение на температурата в плоски дъбови мебелни елементи с дебелина  $h_w=16$  mm, широчина  $b_w=0,6$  m, дължина  $l_w=1,2$  m, начална температура  $t_{wo}=20$  °C, базисна плътност  $\rho_b=670$  kg.m<sup>-3</sup>, съдържание на вода  $u=0,08$  kg.kg<sup>-1</sup>, граница на насищане на клетъчните стени  $u_{fsp}^{20}=0,29$  kg.kg<sup>-1</sup> и обемно съсъхване  $S_v=11,9\%$  [1] по време на едностранното им конвективно нагряване в те-



**Фиг. 3. Изменение на  $t_w$  по дебелината от 16 mm на дъбов елемент при едностранното му конвективно нагряване с  $t_{ha}=100$  °C и  $v=5$  m.s<sup>-1</sup>**

чение на 10 min при температура на нагряващия въздух  $t_m=100$  °C, скорости на този въздух  $v_{ha}=2$  m.s<sup>-1</sup>,  $v_{ha}=5$  m.s<sup>-1</sup>,  $v_{ha}=8$  m.s<sup>-1</sup> и температура на въздуха в близост до ненагрявната повърхност транспортната лента  $t_{B-nhs}=20$  °C. Синхронно с изчисляване на температурата е изследвано изменението на средномасовите температури  $T_{w-avg}$  и  $T_{wL-avg}$ , а също на специфичните топлинни капацитети  $C_{w-avg}$  и  $C_{wL-avg}$  по време на нагряването.

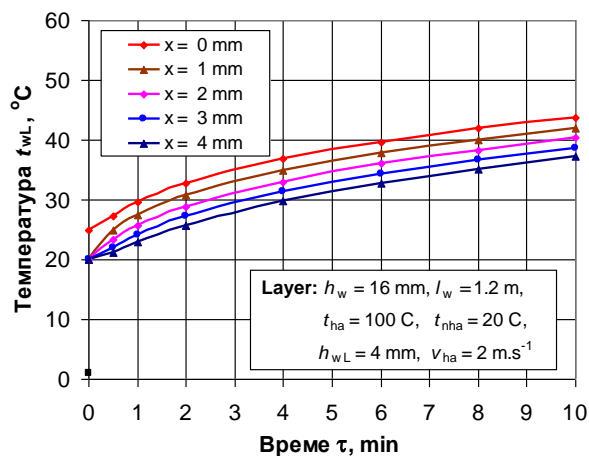
На фиг. 3 и фиг. 4 е показано изменението на температурата по дебелината съответно на дъбов елемент с  $h_w=16$  mm и на повърхностния му подлежащ на лакиране слой с  $h_{wL}=4$  mm по време на едностранното нагряване на елемента при температура  $t_{ha}=100$  °C на циркулиращия над него въздух със скорост  $v=5$  m.s<sup>-1</sup>.

На фиг. 5 и фиг. 6 е показано изменението на средномасовите температури съответно на дъбов елемент с  $h_w=16$  mm и на повърхностния му слой с  $h_{wL}=4$  mm по време на едностранното нагряване на елемента при  $t_{ha}=100$  °C и  $v=5$  m.s<sup>-1</sup> на циркулиращия над него въздух.

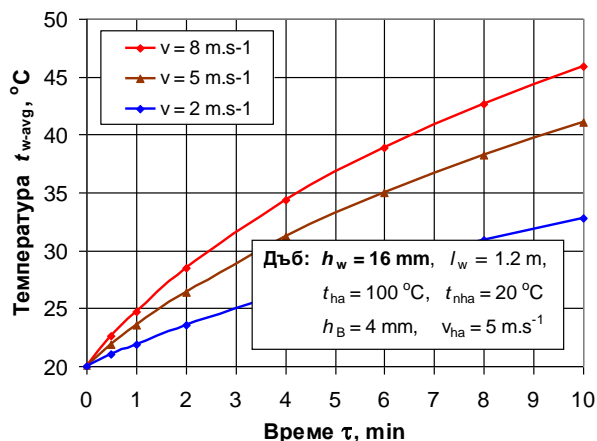
На фиг. 7 и фиг. 8 е показано изменението на средномасовите специфични топлинни капацитети съответно на този дъбов елемент и на повърхностния му слой по време на едностранното нагряване.

## 5. Анализ на резултатите

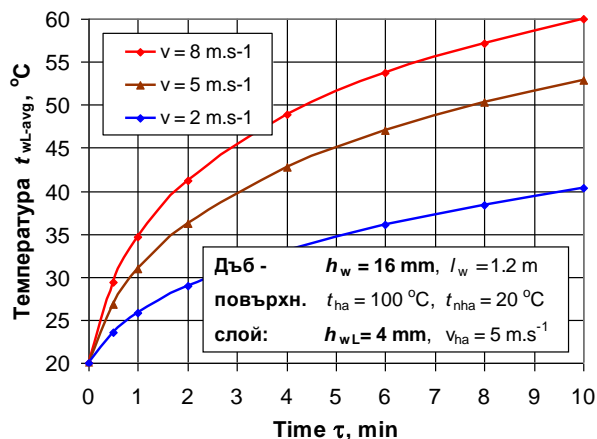
Анализът на представените на фиг. 3 и фиг. 4 резултати от решенията на модела показва, че по време на едностранното конвективно нагряване на мебелните елементи изменението на температурата  $t_w$  по дебелината им се осъществява по сложни криви.



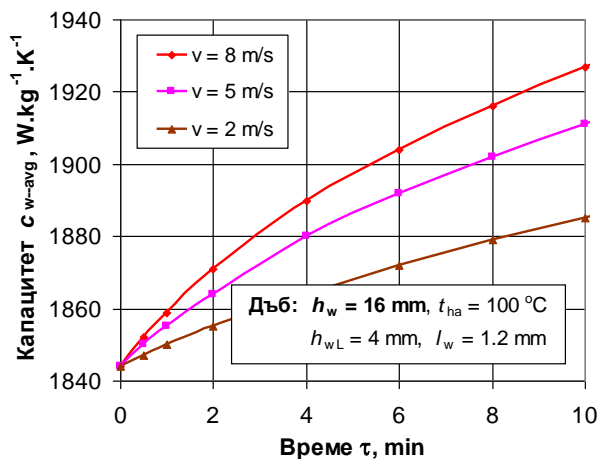
**Фиг. 4. Изменение на  $t_{wL}$  по дебелината от 4 mm на повърхностния слой на дъбовия елемент при нагряването му с  $t_{ha}=100$  °C и  $v=5$  m.s<sup>-1</sup>**



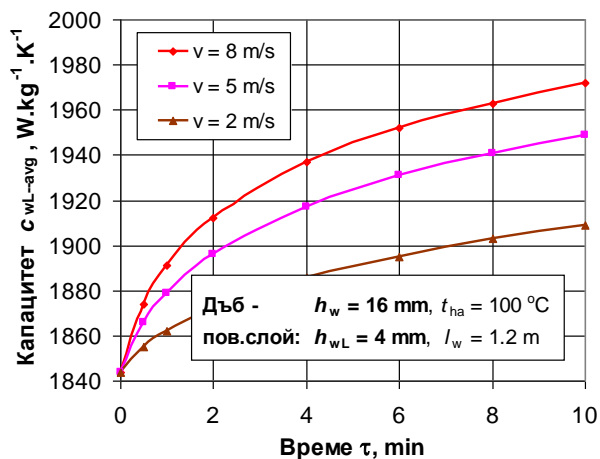
Фиг. 5. Изменение на  $t_{w-avg}$  на дъбов елемент с  $h_w=16$  mm при едностранното му конвективно нагряване с  $t_{ha}=100$  °C в зависимост от  $v$



Фиг. 6. Изменение на  $t_{wL-avg}$  на дъбов елемент с  $h_w=16$  mm при едностранното му конвективно нагряване с  $t_{ha}=100$  °C в зависимост от  $v$



Фиг. 7. Изменение на  $c_{w-avg}$  на дъбов елемент с  $h_w=16$  mm при едностранното му конвективно нагряване с  $t_{ha}=100$  °C в зависимост от  $v$



Фиг. 8. Изменение на  $c_{wL-avg}$  на дъбов елемент с  $h_w=16$  mm при едностранното му конвективно нагряване с  $t_{ha}=100$  °C в зависимост от  $v$

В близост до нагряваната повърхност на елементите (т.е. при  $x = 0 \div 4$  mm) температурата нараства по изпъкнали криви, а в близост до ненагряваната им повърхност (т.е. при  $x = 12 \div 16$  mm) тя се увеличава по вдлъбната крива. При 10 min нагряване не се достига до стационариране на температурното поле по дебелината на мебелните елементи.

Увеличаването на средномасовите температури на елементите  $t_{w-avg}$  и  $t_{wL-avg}$  (фиг. 5 и фиг. 6), а също на специфичните им топлинни капацитети  $c_{w-avg}$  и  $c_{wL-avg}$  (фиг. 7 и фиг. 8) по време на конвективното нагряване става по изпъкнали криволинейни зависимости. Наклонът на тези зависимости нараства с увеличаване на скоростта на циркулация на въздуха, с помощта на който се осъществява нагряването.

След 10 min нагряване на елементите средномасовите топлинни капацитети  $c_{w-avg}$  и  $c_{wL-avg}$  достигат следните стойности:

- $c_{w-avg}=1885$  J·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup> и  $c_{wL-avg}=1909$  J·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup> при  $v=2$  m.s<sup>-1</sup>;
- $c_{w-avg}=1911$  J·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup> и  $c_{wL-avg}=1949$  J·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup> при  $v=5$  m.s<sup>-1</sup>;
- $c_{w-avg}=1927$  J·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup> и  $c_{wL-avg}=1972$  J·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup> при  $v=8$  m.s<sup>-1</sup>.

### Заклучение

В статията са показани и анализирани диаграми на изменението на температурата в 5 екивидистантни точки поотделно от дебелината и от повърхностния (предвиден за последващо лакиране) слой на плоски дъбови мебелни елементи по време на 10 минутното им едностранно конвективно нагряване с горещ въздух с тем-

пература 100 °C и скорост на циркулация 2, 5 и 8 m·s<sup>-1</sup>.

Показани и анализирани са и диаграми на изменението на средномасовите температури  $t_{w-avg}$  и  $t_{wL-avg}$ , а също на средномасовите специфични топлинни капацитети  $C_{w-avg}$  и  $C_{wL-avg}$  по време на нагряването. Диаграмите са построени по резултати, изчислени с помощта на математичен модел, който е представен в статията.

Изчислено, визуализирано и анализирано е също изменението на температурата по дебелината на плоски дъбови мебелни елементи с дебелина 16 mm, широчина 0,6 m, дължина 1,2 m, начална температура 20 °C и съдържание на вода 8% по време на едностранното им конвективно нагряване в продължение на 10 min с циркулиращ над тях нагрят въздух със скорости  $v=2, 5$  и  $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  и температура  $t_{ha}=100$  °C, при температура  $t_a=20$  °C на въздуха в близост до ненагряваната повърхност на гумената лента, която придвижва елементите при нагряването.

Компютърните решения на математичния модел могат да се използват за визуализиране и технологичен анализ на изменението на температурата по дебелината на предназначени за лакиране мебелни елементи от различни дървесни видове, с различна дебелина, широчина, дължина и съдържание на вода по време на едностранното им конвективно нагряване с различна температура и скорост на нагряващия ги въздух.

Получените резултати за средномасовия специфичен топлинен капацитет на елементите  $C_{w-avg}$  и на техния нагряван, подлежащ на лакиране, повърхностен слой  $C_{wL-avg}$ , може да се използва при топлинното оразмеряване на процеса на едностранно нагряване на дървени ме-

белни елементи по налични в литературата методики.

#### Литература

1. Виделов, X. *Сушене и топлинно обработване на дървесината*. ЛТУ. София, 2010.
2. Делийски, Н. *Моделирание и технологии за пропарване на дървени материали в автоклави*. Дисертация за дтн, ЛТУ, София, 2003.
3. Делийски, Н. Моделирание на процеса на едностранно нагряване на мебелни елементи преди лакиране. *Автоматика и информатика*. 1. 2016. 9–14.
4. Кавалов, А., Ангелски, Д. *Технология на мебелите*. ЛТУ. 2014.
5. Кавалов, А., Русанов, X. *Технология на мебелите*. Изд. къща „96 плюс“, София, 2000.
6. Deliiski, N., Angelski, D., Trichkov, N., Dzurenda, L., Gochev, Z., Tumbarkova, N. Modelling of the energy consumption of the unilateral convective heating process of furniture elements before their lacquer coating. *Acta Facultatis Xilologiae Zvolen*. 60(2). 2018. 71–83. DOI: [10.17423/afx.2018.60.2.07](https://doi.org/10.17423/afx.2018.60.2.07)
7. Jaic, M., Zhivanovic, R. *Povrsivska obrada drveta*. Beograd, 2000.
8. Juma, M., Bafrnec, M., Brezani J. *Thermal Diffusivity of Thick Fibre-elastomer Composites*. 2001. 95–101. [http://www.tpl.ukf.sk/engl\\_vers/thermophys/proceedings/juma.pdf](http://www.tpl.ukf.sk/engl_vers/thermophys/proceedings/juma.pdf)
9. Rüdiger, A. *Möbel und Innebaushau*. Rosenheim. 1991.
10. Skacic, D. *Finalna prerada drveta*. Beograd. 1992.
11. Trebula, P., Klement, I. *Drying and hydrothermal treatment of wood*. TU Zvolen, Slovakia. 2002. (in Slovak).
12. AkzoNobel Wood Coatings. [https://www.akzonobel.com/wood/ee/system/images/AkzoNobelIndustrialFinishingWoodFactsandFigures\\_tcm125-34902.pdf](https://www.akzonobel.com/wood/ee/system/images/AkzoNobelIndustrialFinishingWoodFactsandFigures_tcm125-34902.pdf)

## COMPUTING THE SPECIFIC HEAT CAPACITY OF FURNITURE ELEMENTS SUBJECTED TO CONVECTIVE HEATING BEFORE LACQUERING

Nencho Deliiski<sup>1</sup>, Neno Trichkov<sup>1</sup>, Ladislav Dzurenda<sup>2</sup>, Dimitar Angelski<sup>1</sup>, Zhivko Gochev<sup>1</sup>,  
Natalia Tumbarkova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Forestry, Sofia, Bulgaria

<sup>2</sup>Technical University, Zvolen, Slovakia

#### Abstract

A methodology for mathematical modeling and research of two mutually connected problems: 1D non-stationary temperature distribution in subjected to unilateral convective heating process of flat wooden furniture elements before lacquering and change in their average mass specific heat capacity has been suggested. For the realization of the methodology, 1-dimensional nonlinear mathematical model has been solved for the transient heat conduction in the furniture elements during their unilateral convective heating. The model contains a mathematical description of the average mass specific heat capacities of the elements and their surface layer, which is intended for lacquering. For the numerical solution of the model with the aim of applying the methodology a software program has been prepared and input in the calculation environment of Visual Fortran Professional. Using the program, computations have been carried out for determination of the 1-dimensional non-stationary temperature distribution along the elements' thickness and of the average mass specific heat capacity for flat oak furniture elements with an initial temperature of 20 °C, moisture

content of 8 %, thickness of 16 mm, width of 0.6 m, and length of 1.2 m during their 10 min unilateral convective heating at temperature of the processing air medium of 100 °C, which circulates above the elements with a velocity of 2 m·s<sup>-1</sup>, 5 m·s<sup>-1</sup>, and 8 m·s<sup>-1</sup> aimed at improvement of the conditions for the subsequent lacquering. During the computations a temperature of 20 °C for the surrounding air near the non-heated surface of the carrying rubber band has been used. The change in the average mass specific heat capacities of the studied furniture oak elements and also of their heated surface layers during the heating is graphically presented and analyzed.