

# VLÁKNA A TEXTIL FIBRES AND TEXTILES

*Vydáva*

- Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie
- Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní
- Trenčianska univerzita A. Dubčeka v Trenčíne, Fakulta priemyselných technológií
- Výskumný ústav chemických vlákien, a.s. Svit
- Výskumný ústav gumárenský Matador, a.s. Púchov
- Slovenská spoločnosť priemyselnej chémie, Bratislava
- VÚTCH – CHEMITEX, spol. s r.o., Žilina

*Published by*

- Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Chemical and Food Technology
- Technical University of Liberec, Faculty of Textile Engineering
- A. Dubček University in Trenčín, Faculty of Industrial Technologies
- Research Institute of Man-Made Fibres, j.s.c., Svit
- Matador Research Institute, j.s.c., Púchov
- Slovak Society of Industrial Chemistry, j.s.c., Púchov
- VÚTCH – CHEMITEX, Ltd., Žilina

**Šéfredaktor (Editor in Chief): A. Ujhelyiová**

*Redakčná rada*

M. Hricová, M. Jambrich, M. Krištofič, A. Marcinčin, P. Michlík, M. Prášil, M. Révus, J. Rosa, I. Sroková

*Editorial Board*

*Čestní členovia redakčnej rady*

D. Bakoš (SK), V. Bálež (SK), R.U. Bauer (DE), T. Czigani (HU), P. Hodul (SK), D. Kello (SK), I. Krucinska (PL), A.M. Marechal (SL), J. Militký (CZ), K. Perepelkin (RUS), I. Soljačić (HR), J. Šesták (SK), V. Vlasenko (UA)

*Honourable Editorial Board*

*Výkonný redaktor (Executive Editor): M. Krištofič*  
*Zástupca redaktora (Co-editor): M. Hricová*

*Redakcia a distribúcia časopisu:*  
*(Editorial Office and distribution of the journal)*

STU in Bratislava, FCHPT, Oddelenie vlákien a textilu,  
Radlinského 9, 812 37 Bratislava, SK  
Tel: 00 421 2 529 685 98  
Fax: 00421 2 524 931 98  
e-mail: [michal.kristofic@stuba.sk](mailto:michal.kristofic@stuba.sk)

*Objednávka a inzercia časopisu:*  
*(Order and advertisement of the journal)*

Slovenská spoločnosť priemyselnej chémie, člen Zväzu vedecko-technických spoločností  
Radlinského 9, 812 37 Bratislava, SK  
Tel: 00 421 2 529 685 98, Fax: 00421 2 524 931 98  
e-mail: [marcela.hricova@stuba.sk](mailto:marcela.hricova@stuba.sk)

*Objednávka časopisu zo zahraničia okrem Českej republiky:*  
*(Orders of the journal from abroad except the Czech Republic)*

SLOVART G.T.G, s.r.o. EXPORT-IMPORT  
Krupinská 4, P.O.Box 152, 852 99 Bratislava, SK  
Tel: 00421 2 839 471-3, Fax: 00421 2 839 485  
e-mail: [info@slovart-gtg.sk](mailto:info@slovart-gtg.sk)

*Sadzba a tlač*

FOART, s.r.o., Bratislava

*Typeset and printed at*

Časopis vychádza 4-krát ročne  
Ročné predplatné 60 EUR

Journal is published 4 x per year  
Subscription 60 EUR

Contributions are issued without any proof-readings

**ISSN 1335-0617**

Registračné číslo MK SR Bratislava č. 962/92

# Fibres and Textiles (4) 2009

## Vlákna a textil (4) 2009

Content	Obsah
<b>TEXTILE MATERIALS</b>	<b>TEXTILNÉ MATERIÁLY</b>
3 <i>B. Musilová and V. Zavadilová</i> Prediction of construction dimensions of upper body block drafting	3 <i>B. Musilová a V. Zavadilová</i> Predikce konstrukčních rozměrů zpevňovacího prádla
9 <i>L. Farská and L. Hes</i> Friction properties of knitted fabrics in wet state	9 <i>L. Farská a L. Hes</i> Vliv vlhkosti na třecí vlastnosti úpletů
18 <i>K. Kalinová and T. Mikolanda</i> Resonance of acoustic multi-membrane system	18 <i>K. Kalinová a T. Mikolanda</i> Rezonance akustického multi-membránového systému
<b>NEWS FROM DEPARTMENTS</b>	<b>Z VEDECKO-VÝSKUMNÝCH A VÝVOJOVÝCH PRACOVÍSK</b>
29 Abstracts of students master thesis defended at the Department of technology of polymer materials and textile, FPT TnU A. D. in Púchov after 5 year's graduate study in 2008/2009	29 Súhrny diplomových prác na Katedre chémie a technológie polymérnych materiálov a textilu, FPT TnUAD so sídlom v Púchove v rámci inžinierskeho štúdia v školskom roku 2008/2009



# PREDICTION OF CONSTRUCTION DIMENSIONS OF UPPER BODY BLOCK DRAFTING

B. Musilová and V. Zavadilová

*Technical University of Liberec, Department of Clothing technology  
Studentská 2, 461 17 Liberec, Czech Republic*

**Abstract:** Variations of the human body in the aspects of dimensional characteristics are a very important factor to be considered in case of manufacturing clothing especially for ready-to-wear production. This is due to nature of the ready to wear production clothing where it is mass produced in standard sizes that will only fit the individuals who have the same garment size as manufactured. In the context of the new European Standard EN 13 402 „Size designation of clothes“ the main goal is to obtain the latest body measurements data of the Czech population and describe the relations existing between body dimensions, so-called body proportions. This study describes the recent somatometric survey of the Czech female population and data evaluation. The outcome is the prediction of the pattern construction parameters of the upper body block by the help of the multiple regression. In this case, for bra, corsetry and swimwear design.

**Keywords:** somatometric survey, multiple regression, body dimension, construction parameters, upper body block, patternmaking

## 1. INTRODUCTION

Quality of the garment in the mass production depends on a relatively high degree of our knowledge of the relations existing between body dimensions. These relations are frequently presented in the form of the so-called body proportions, when the value of one body dimension is calculated as a percentage of another dimension. Due to the existing variability of body dimensions in the reference population the proportions vary in this population between certain limits, too. For this reason, it is meaningful to study the proportions and to analyse their properties by means of statistical methods.

Currently The European Standard EN 13 402 „Size designation of clothes“ has been prepared by CEN/TC 248, „Textiles and textile products“ should determine a simple system of size designation for specified types of garment for children and adults. The system is based on the essential body dimensions not on the pattern construction parameters.

In order to mass-produce clothes, the body size of the intended wearer has to be defined and identified with the nearest size on a table

of standard sizes. Hence the main goal the somatometric survey of Czech female population is carried out and creation the sizing system and constructional dimensions determinate in relation with the mentioned EN standard.

## 2. SOMATOMETRIC SURVEY

Project of the recent somatometric survey of Czech female was divided into three phases: preparation, implementation and finally analysis of the somatometric data. Various statistical methods were used as are percentile analysis, simple univariate analysis, bivariate and correlation analysis and multivariate analysis like the principal component analysis. The aim of the survey was to conduct a survey of adult women to create a database of the size of the upper body part in relation of the standard EN 13 402.

### 2.1 Range of somatometric data file and representing assurance

According to year-book of Czech population dated 31.10. 2008 [1] vide Tab.1 the size of file of measured population was set on 200

women. Somatometric survey was done in the term 2008-09 in all region of the Czech republic. Measured population was divided into three age categories:

**Table 1** Division of measured women [2]

Age category (years)	Seizure by year-book ČR (%)	Number of measured women
18 - 29	26,9	58
30 - 44	36,4	68
45 - 60	36,7	74
Σ	100	200

## 2.2 Body dimensions

16 body dimensions have been taken according to these points of view:

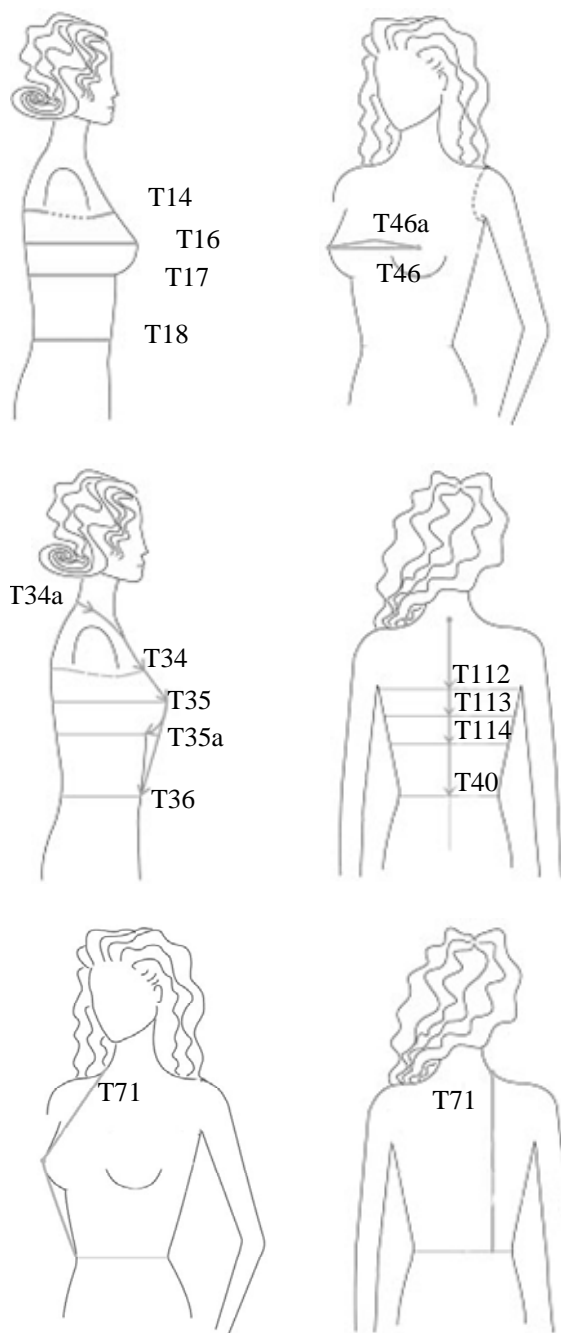
Needy for the body dimensions data confrontation with the data of the previous Czech national somatometric surveys. The same measuring procedure was used as for previous somatometric surveys. Importantly for the evaluation of the body proportion.

Needy for calculation of the pattern parameters of the upper body block patternmaking, mainly for construction formulas assessment.

The measurement has been gathering based on the standard ČSN 80 0090 (ISO 8559) „Method of body measuring for men, women, boys and girls” [3] used the body measurement contact method see Figure 1.

List of body dimensions:

**T14** - Upper bust girth; **T16** - Bust girth; **T17** - Under bust girth; **T18** - Waist girth; **T46** - Inter-nipple distance I; **T46a** - Inter-nipple distance II; **T34a** - Back neckline length; **T34** - Nape to upper bust; **T35** - Nape to bust; **T35a** - Nape to under bust; **T36** - Nape to front waist; **T40** - Nape to back waist; **T112** - Nape to back upper bust level; **T113** - Nape to back bust level; **T114** - Nape to back under bust level; **T71** - Length around upper part body

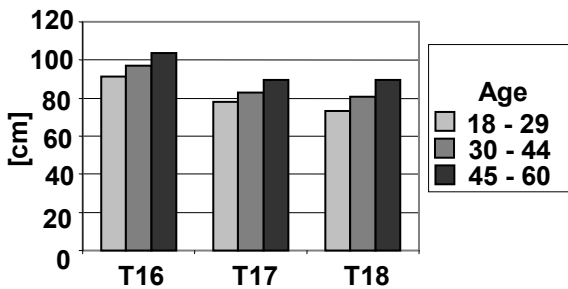


**Figure 1** Description of the body dimensions measurement

## 2.3 Comparison of the primary body dimensions data value of the surveys carried out in 2008 - 09, 2005 - 06 and 1990 - 91

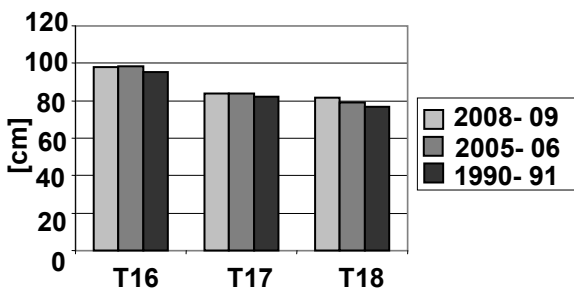
At first the primary body dimensions are compared: T16 - Bust girth; T17 - Under bust girth; T18 - Waist girth by age groups within the current investigation carried out in 2008-09, see Figure 2.

We can see increasing trend of the body girth in dependence on the increasing age of the measured women, we can expected it due to the general trends.



**Figure 2** Comparison of the average value of the body dimensions: T16 - Bust girth; T17 - Under bust girth; T18 - Waist girth of the current investigation carried out in 2008-09 within the age groups [2]

When we compare the data value of the primary body dimensions: T16 - Bust girth; T17 - Under bust girth; T18 - Waist girth of current investigation in 2008-09 with the data of the survey in 2005-06 and 1990-91 we can see on the Figure 3 that results of the surveys are similar which can justify a short sequence between these surveys.



**Figure 3** Comparison of the average value of the body dimensions: T16 - Bust girth; T17 - Under bust girth; T18 - Waist girth of the surveys carried out in 2008-09, 2005-06 and 1990-91 [2]

**Table 2** Body dimensions- average value

DIMENSION	2008-09	2005-06	1990-91
T16 [cm]	97.8	98.4	95.4
T17 [cm]	83.9	83.8	82.0
T18 [cm]	81.8	78.9	76.8

In comparison with the data from the 1990-91 confirm the general trend of increasing

mass of the population and the concomitant increase the value of the body girths.

### 3. THE CLOTHING SIZING SYSTEM

A sizing system is a table of numbers, which presents the value of each of the body dimensions used to classify the bodies encountered in the population for each size group in the system [4]. Particular sizes of the sizing system are sorted into sizing rang arrangement in dependence on the primary body dimensions. The standard sizing system allows each country/company to freely combine these measurements as needed.

#### 3.1 Method of the bras, corsetry and swimwear with cups sizing system development in relation to the Standard EN 13 402 „Size designation of clothes“

Clothing size is complex of the parameters are specified by the help of essential body dimensions. In the case of the bras there are:  
 T16 - Bust girth;  
 T17 - Under bust girth.

2D frequency analysis so called frequency table of the primary body dimensions was created. On the X-axis was positioned value of the body dimension of the T16 - Bust girth and on the Y-axis value of the T17 - Under bust girth.

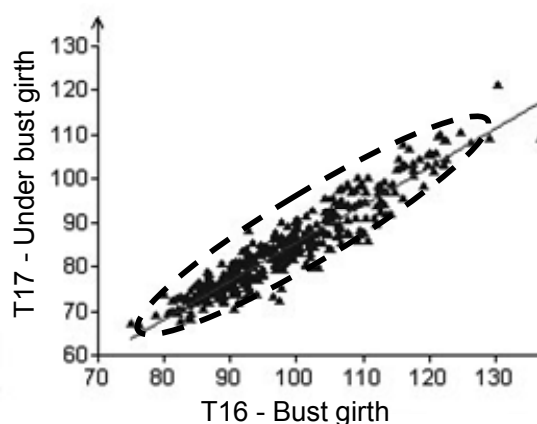
The sizes were marked into the frequency table according to the rules of the standard EN 13 402. The distances between sizes within the sizing ranges are determined by the difference between values of the two successive body dimensions so called sizes interval. In case of the standard EN 13 402 is determined as follows:

T16 - Bust girth = 2 cm

T17 - Under bust girth = 5 cm [5]

According to the degree of dependence one primary body dimension on the other dimension the cloud of somatometric data is schematically illustrated that is formed by a cloud and can be traced off by the shape of a circle or an ellipse. The sizing ranges are then arranged in the shape of the data cloud,

either horizontally or diagonally so that they are parallel to the main axis of the conic section, while the length of the conic section defines length of the sizing range. The individual sizes are positioned at the certain intervals in the straight lines ranges. In case of bra sizing system it is diagonal sizing ranges. Bra sizing system is organized into diagonal sizing ranges, where on the X - axis is the body dimension of the T16 - Bust girth and on Y-axis is the T17- Under bust girth, see Figure 4.



**Figure 4** System of diagonal sizing ranges

### 3.2 Median value of primary dimensions within one size

On the basis of fundamental differences of the body dimensions the median value within one body size is also derived. As a rule, the one size of the sizing range should correspond to the average value of the given primary body measurements. Each central value of the primary body dimension within the one size interval of the sizing system is equal to multiples of the sizes difference.

Median values of body size are standard for determining the size and associated technical calculations, including the establishment of proportional relationships in the pattern making process.

For example one size of bra based on the standard EN 13 402 is determined with the help of median value of primary dimension

T17 - Under bust girth = 80 cm. This value has a range of 5 cm (resulting from the difference between two consecutive sizes).

For the value of T17 - Under bust girth the standard specifies the value of the T16 - Bust girth with range 2 cm see Table 3. Median value is then given as the centre of each interval.

**Table 3** Illustration of selecting the median value of the primary dimensions

T17 - Under bust girth and T16 - Bust girth derived from the bras, corsetry and swimwear with cups size range defined by standard EN 13 402 [5]

Dimension	T17 [cm]	Median [cm]
	78 - 82	80
Cup designation	T16 [cm]	Median [cm]
AA	90 - 92	91
A	92 - 94	93
B	94 - 96	95
C	96 - 98	97
D	98 - 100	99
E	100 - 102	101
F	102 - 104	103
G	104 - 106	105
H	106 - 108	107

## 4. PREDICTION OF THE CONSTRUCTION DIMENSIONS IN RELATION TO THE PROPOSAL SIZING SYSTEM

The calculated pattern parameters should at least have a high correlation with the actual measurements of upper body part of female population. To examine this, correlation between the actually measured pattern parameters and the calculated ones using the general formulae (1) was set.

Using median value of the primary body measurements, the pattern parameters for drafting of the upper body block: bras, corsetry and swimwear were calculated and the results are plotted in Table 4

**Table 4** Construction dimensions of the bra sizes range from 80AA to 80H

Primary body dimensions of bras, corsetry and swimwear – medium value within size range defined by standard EN 13 402 [cm]									
<b>T17</b>	80	80	80	80	80	80	80	80	80
<b>T16</b>	91	93	95	97	99	101	103	105	107
Calculated construction dimensions [cm]									
<b>T14</b>	88.3	89.0	89.7	90.4	91.1	91.8	92.5	93.2	93.9
<b>T18</b>	74.6	75.3	76.0	76.7	77.4	78.1	78.8	79.5	80.2
<b>T46</b>	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5
<b>T40</b>	39.3	39.4	39.5	39.6	39.7	39.8	39.9	40.0	40.1
<b>T34</b>	25.5	25.6	25.7	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3
<b>T35</b>	35.4	36.1	36.8	37.5	38.2	38.9	39.6	40.3	41.0
<b>T35a)</b>	43.0	44.1	45.2	46.3	47.4	48.5	49.6	50.7	51.8
<b>T36</b>	51.5	52.1	52.7	53.3	53.9	54.5	55.1	55.7	56.3

$$T_i = K_{X(T_i)} * T_X + K_{Y(T_i)} * T_Y + A_{T_i} \quad (1)$$

Where:

$T_i$  ... dependent variable,

any of  $i$ -constructional dimension

$X$  ... independent variable,

(in this case dimension T17-underbust girth)

$Y$  ... independent variable,

(in this case dimension T16 - bust girth)

$K_{X(T_i)}, K_{Y(T_i)}$  ... regression coefficient

(e.g parameter  $K_{X(T_i)}$  is interpreted as an expected change of quantity  $T_{(i)}$  in relation to the  $X$  growth)

## 5. CONCLUSION

This paper describes methodology of the sizing system creation of the bra, corsetry and swimwear based on actual somatometric survey of Czech adult female population. Using multiple linear regression we can predict the construction parameters needed for drafting of the u The results of this paper demonstrated the pattern drafting parameters setting in relation of the new European Standard EN 13 402 „Size designation of clothes“ are required for the implementation of the much desired for ready - to - wear production.

**Acknowledgements:** The authors would like to thank for supporting of the project InCoTex Innovation centre for customer-oriented, industrial textile products".

## 6. REFERENCES

1. Český statistický úřad, Počet obyvatel podle pohlaví a jednotek věku [online]. 2008 [cit. 2008-11-20]. Available on WWW: <[http://www.czso.cz/csu/2008edici/cniplan.nsf/t/EA00270E05/\\$File/401908ri01.pdf](http://www.czso.cz/csu/2008edici/cniplan.nsf/t/EA00270E05/$File/401908ri01.pdf)>.
2. Zavadilova V.: Processing of anthropometric data in order to create the sizing system for brassieres, Diploma thesis. TUL, Liberec 2009.
3. ČSN 80 0090 Metodika měření tělesných rozměrů mužů, žen, chlapců a dívek, Praha: federální úřad pro normalizaci a měření, květen 1993.
4. Ashdown S.P.: Sizing in clothing - Developing effective sizing systems for ready-to-wear clothing, 1. vydání. Cambridge, Woodhead Publishing Limited, 2007. ISBN-13: 978-1-84569-258-2 (e-book).
5. ČSN EN 13402-3 Označování velikostí oblečení - Část 3: Rozměry a intervaly, Praha: Český normalizační institut, srpen 2005.



## PREDIKCE KONSTRUKČNÍCH ROZMĚRŮ ZPEVŇOVACÍHO PRÁDLA

Translation of abstract:

### Prediction of construction dimensions of upper body block drafting

Informace o proporčních vztazích tělesných rozměrů definovaných v rámci jedné konfekční velikosti oděvu jsou velmi důležité v procesu konstrukční přípravy výroby oděvů.

Tento článek popisuje metodu tvorby velikostního sortimentu zpevňovacího prádla na základě statistické analýzy somatometrických dat aktuálního měření české ženské populace v souvislosti s nově zavedenou evropskou normou ČSN EN 13402 „Označování velikostí oblečení“.

Běžně používané konstrukční metodiky využívají řadu konstrukčních rozměrů ovšem norma ČSN EN 13402 definuje velikost pouze prostřednictvím primárního a sekundárního tělesného rozměru.

Konstrukční rozměry pro tvorbu konstrukční sítě zpevňovacího prádla lze predikovat metodou vícerozměrné regresní analýzy somatometrických dat.

V závěru článku, jako příklad, je uvedena tabulka vypočítaných konstrukčních rozměrů pro řadu velikostí zpevňovacího prádla 80 AA až 80H se střední hodnotou tělesného rozměru podprsního obvodu hrudníku 80 cm.

# FRICION PROPERTIES OF KNITTED FABRICS IN WET STATE

L. Farská and L. Hes

Technical University of Liberec, Studentska 2, 461 17 Liberec, Czech Republic  
[lubos.hes@gmail.com](mailto:lubos.hes@gmail.com)

**Abstract:** It is simple to measure frictional coefficient of fabric in dry state, but to be able to describe complex characteristics of tested garment it is necessary to know the frictional coefficient of the fabric in its wet state as well. For this purpose a new measuring instrument has been developed and the coefficient of friction measured for both dry and wet state of different knitted fabrics with different material composition, and having different structure well as. In this paper the obtained results are presented and discussed.

## 1. INTRODUCTION

Feeling of discomfort caused by wet garments is an important component of sensorial perception [1]. Any description of comfort characteristics of tested garment would not be complex without the knowledge of its friction coefficient in its wet state [2].

In this study, the effect of moisture content on friction coefficient of knitted fabrics with different fabric structure, material composition with different elastane ratios was investigated. The measurements were carried out by means of the FRICTORQ tester, a new patented instrument [3] developed at the Minho University, Portugal, and were based on a new principle of determination of friction coefficient of fabrics. Design of this instrument, described in details in the patent, enables the determination of the friction coefficient with low level of variation coefficient. For dry fabrics, the achieved levels of friction coefficient are comparable with those determined by the Kawabata tester [4].

The instrument principle is based on measurement of torque momentum caused by a heavy disc placed on a tested fabric, which is subjected to rotation. A special clutch between the measuring disc and the stepmotor avoids the transfer of vertical and bending forces to the disc [3].

Currently, there are two FRICTORQ instruments installed in Portugal [5] and at the EGE University in Izmir, Turkey [6].



**Figure 1** FRICTORQ II prototype at the MINHO University, Portugal

## 2. DETERMINATION OF FRICTION COEFFICIENT OF COTTON KNITS IN WET STATE

### 2.1 Materials

The first tested materials were knits consisting of Ne 30/1 ring spun cotton yarn and 44 dtex elastane yarn [6]. Knitting process was carried out on a Relanit 3.2 (28 gauge, 32" diameter) Mayer&Cie circular knitting machine. During the knitting process 50 feeders were used. Three separate single jersey samples were knitted: one with cotton only and the other two as half plating cotton/elastane fabrics (elastane in alternating courses) and full

plating cotton/elastane fabrics (elastane in every course). The samples were subjected to dry relaxation, washing and dyeing processes: for dry relaxation, samples were left lying on a flat surface in a standard atmosphere for a week; washing process was carried out in a fully automatic washing machine with 0.05 g/L wetting agent and dyeing was in accordance with current manufacturing practices.

## 2.2 Methods

The cotton samples were cut with a circular template into pieces with an area of 100 cm<sup>2</sup>. Then they were put into an oven at 105°C for one hour and consequently weighted. This value was accepted as the dry weight of the sample and was used in the formula given below, which calculates weight of the samples in various moisture ratios (20%-40%-60%-80%-100%):

Moisture content [%] = 100 (Wet weight – Dry weight) / Dry weight

The samples were kept in distilled water for one hour, then dripped water was taken out with a tissue and samples were kept in standard atmospheric conditions. As soon as the desired moisture ratios were

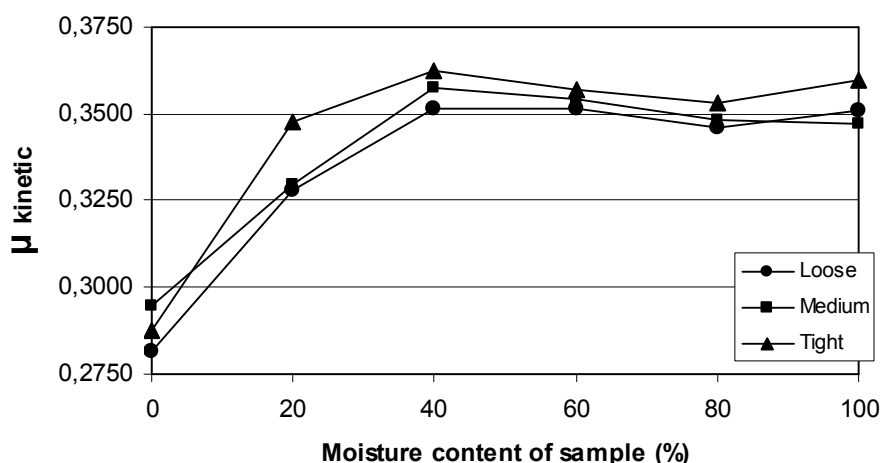
obtained, kinetic friction coefficients were measured with FRICTORQ II instrument. Similar wetting / drying procedures were applied at polyester /polyamide samples.

## 2.3 Experimental results for cotton knits and their evaluation

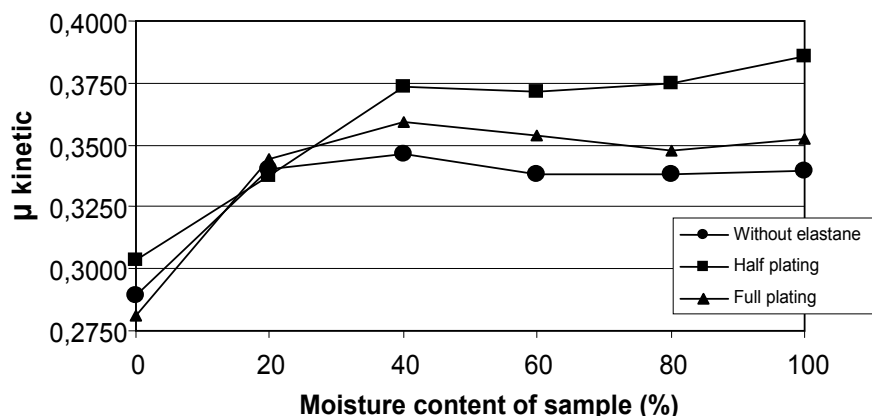
The presented results (Figure 2 and 3) indicate that with increasing moisture level in fabrics the friction coefficient of the studied common knits increases as well, but just to a certain limit. For moisture content exceeding approximately 40%, the level of friction coefficient becomes quite stable. As moisture causes feeling of discomfort, various producers try to eliminate its effect either via material composition, or fabric structure [7].

## 2.4 PES / PAD knits

Similar procedure of sample preparation was chosen for testing fabrics used for manufacturing of sport garments. First, friction coefficient of samples in their dry state was measured, and then, the samples undertook wetting and coefficient of friction was measured again. Obtained results were summarised into one chart and compared.



**Figure 2** Kinetic friction coefficient diagram for different moisture level and tightness factors



**Figure 3** The effect of moisture content of friction coefficient of cotton knitted fabric with/without elastane and with different plating

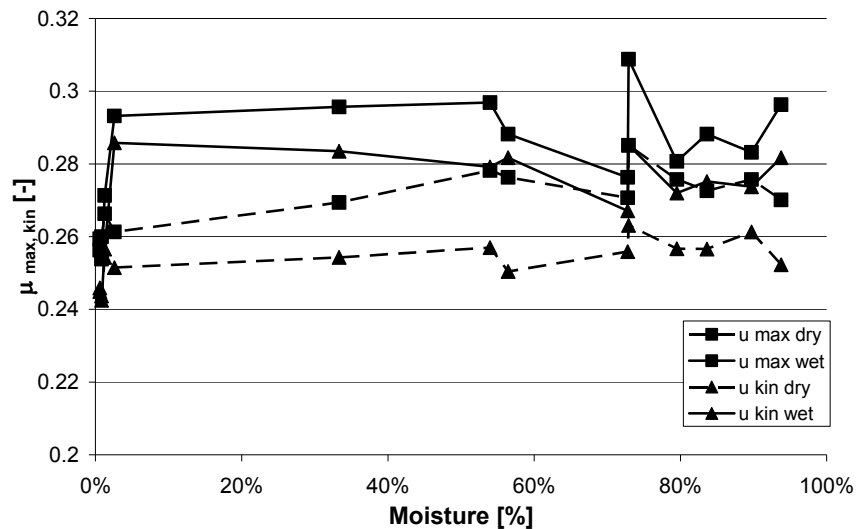
### 3 EXPERIMENTAL RESULTS AND THEIR EVALUATION

Following charts show values of maximal (static) coefficient of friction for wet and dry state, and kinetic coefficient of friction for wet and dry state of the samples. The measured values do not exhibit permanent increase or decrease, but their values vary periodically within certain range. This happens due to the sample rotation, which results in periodical changes of the contact area between the sample texture and the sensing blocks. Also the non-uniform sample deformation during its clamping might cause certain sample density variations. Nevertheless, the achieved levels of friction coefficient for dry fabrics are comparable with those determined by the Kawabata tester [4]. Despite these uncertainties, the determined differences between the friction coefficient levels for dry fabrics (dotted lines) and wet fabrics are quite well distinguished.

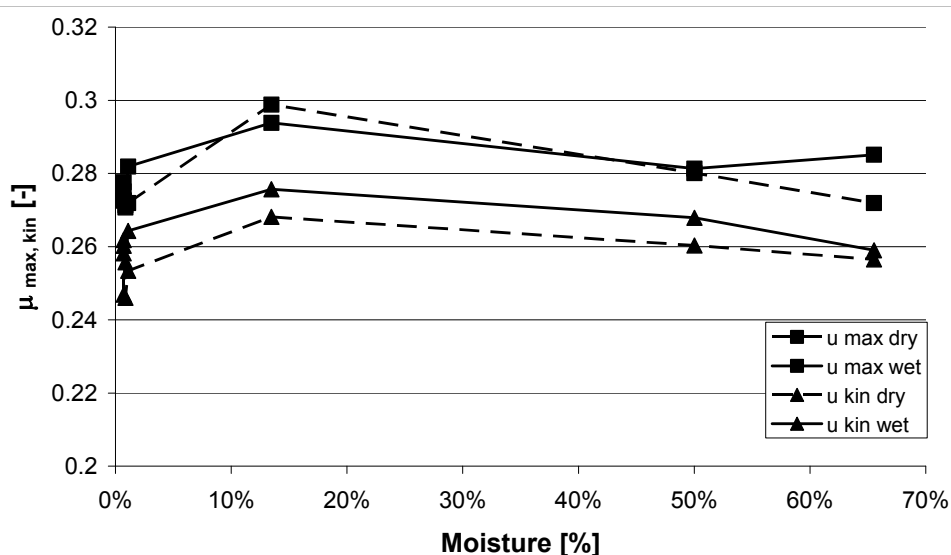
From the next Figure 4 we can see, that friction coefficient is higher for fabric in wet state. The maximum friction coefficient in

the average increased by 0,01 and the kinetic one increased by 0,02.

The Figure 5 shows the friction coefficients obtained for the fabric with the same material composition, but with different fabric structure. The differences between the dry and wet friction coefficients are much lower; it is 0,003 for the maximal friction coefficient and 0,007 for the kinetic one. Therefore, it can be concluded that fabric structure fairly influences the fabric friction coefficient.



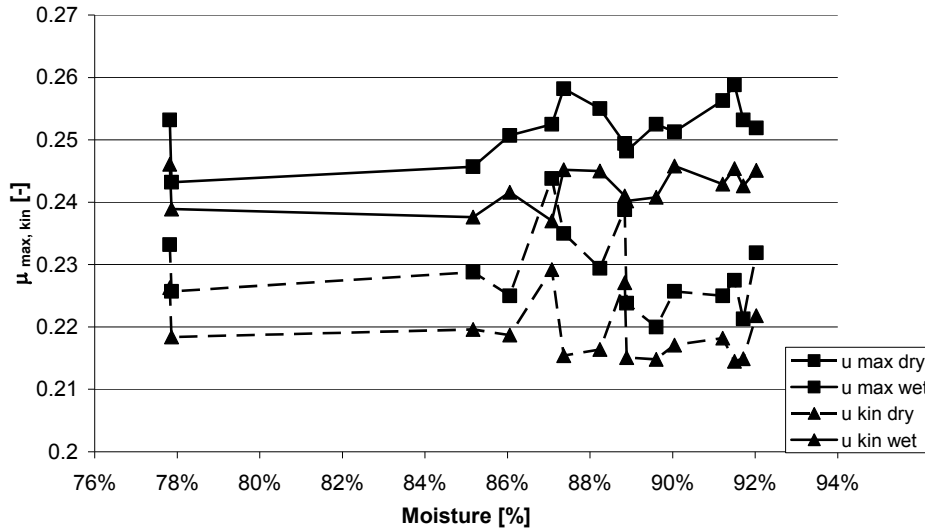
**Figure 4** Determination of static and kinetic friction coefficient  $\mu$  of plain knit made of COOLMAX Extreme and 6% of LYCRA



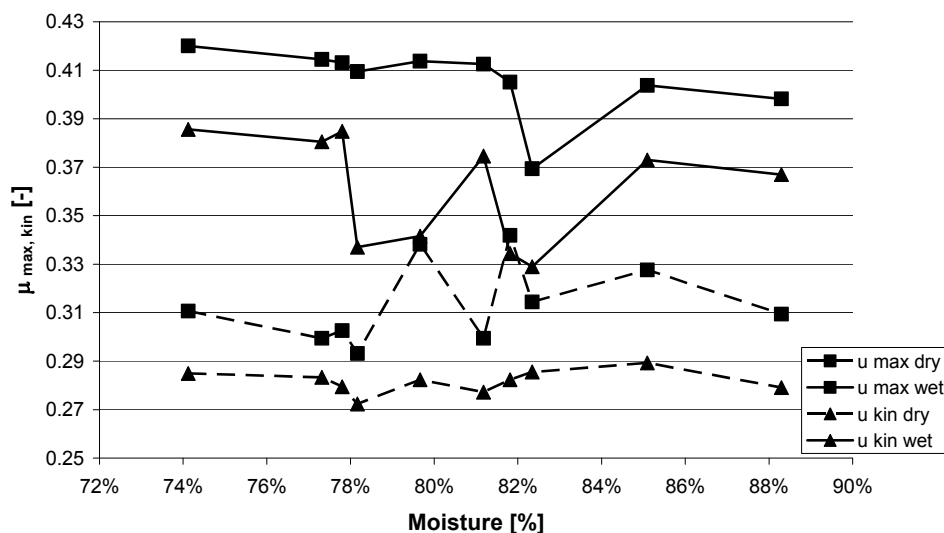
**Figure 5** Determination of static and kinetic friction coefficient  $\mu$  of rough knit made of COOLMAX Extreme and 6% of LYCRA

Figure 6 shows another plain knit and corresponding friction coefficient. The average difference in maximal friction coefficients is 0.021; the average difference in kinetic coefficients is 0.019. It is possible to state, that friction coefficients are here also higher for the fabrics in wet state.

Figure 7 shows results for a fabric with the same composition as has the previous sample, but different structure. The difference between the coefficients is much higher – 0.1 for the maximal friction coefficient and 0.08 for the kinetic one. Again, it is clear that structure can affect frictional properties.



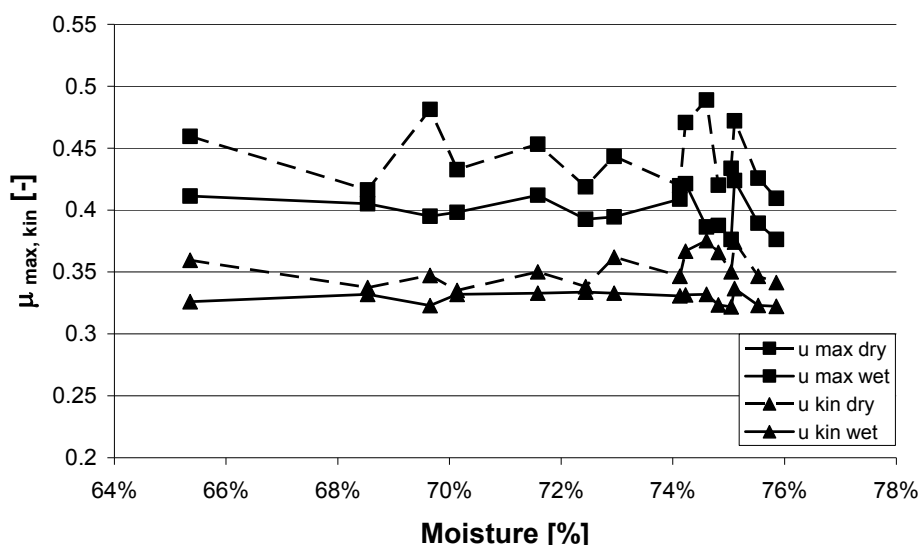
**Figure 6** Determination of static and kinetic friction coefficient  $\mu$  of plain knit made of PAD, PES and 4% Lycra



**Figure 7** Determination of static and kinetic friction coefficient  $\mu$  of knit made of PAD, PES and 4% Lycra

Figure 8 shows other plain knit and corresponding coefficients of friction. This knit is very interesting because its friction coefficient at higher moisture content did not increase but decreased. The average difference between the maximal friction coefficients is -0.04, and the average difference between the kinetic ones is -0.02. The mentioned differences are small,

but promising; as such fabric could be one of the first steps towards modern sport apparel. The structure and finishing of this extraordinary knitted fabric are not described here, as they present know - how of a certain large European fabric manufacturer. Deeper analysis of the discovered advantage of this special fabric will be the subject of our next research.



**Figure 8** Determination of static and kinetic friction coefficient  $\mu$  of special plain knit made of 100% PES

#### 4 CONCLUSIONS

From the measurements follows one surprising observation: some special underwear fabrics behave differently as the common cotton knits – their friction coefficient keeps almost constant with increasing moisture content or even slightly decreases (Figure 8), which offers good level of tactile comfort even under heavy sweating conditions. Taking into consideration research results found on common cotton knits by Prof. Masako Niwa, that with moisture content more than approx. 50% most of wearers feel sensorial discomfort, we can conclude, that even with increasing moisture some of fabrics keep practically constant level of friction (see Figure 5), and that at moisture level approx. 75% they exhibit even lower friction coefficient (Figures 6 and 8) than cotton fabrics at 50%. Thus, these special man-made knits should offer better wearing comfort than common knits at high level of moisture content in the fabrics, which occurs at the highest levels of physical activity.

**Acknowledgements:** This study was partly supported by the European Program LLP/ERASMUS, established between the University of Liberec, Czech Republic and University of Minho in Portugal.

#### 5 REFERENCES

1. Vasiliadis S. G. and Provatidis Ch. G.: Structural characterization of textile fabrics using surface roughness data, *Int. J. of Clothing Science and Technol.*, Vol. 16 (5), 2004, pp 445-457
2. Hes, L.: Thermal Comfort of Wet Fabrics, IITAS Symposium, CESME 2007, Turkey
3. Lima M., Hes L.: Portuguese Patent No. 102 790
4. Kawabata S: The Standardisation and Analysis of Hand Evaluation, 2<sup>nd</sup> Ed., Textile Machine Society of Japan, 1980
5. Lima M., Hes L., Vasconcelos R. and Martins J.: FRICTORQ, a Novel Fabric Surface Tester: A Progress Report, *Journal of Textile Engineering*, The Textile Machinery Society of Japan, Vol. 51, No 3/4, 2005, pp 40-46
6. Hes L., Marmarali A., Lima M., Ozdil N., Oglakcioglu N.: The effect of moisture on friction coefficient of elastic knitted fabrics. *Tekstil ve Konfeksiyon* 3, 2008, pp 206-210
7. Hes L., Marmarali A., Lima M., Farská L.: Reliable Determination of Friction of Wet Fabrics in: 2<sup>nd</sup> Aachen-Dresden Textile Conference, Dresden, December 2008.

# VLIV VLHKOSTI NA TŘECÍ VLASTNOSTI ÚPLETŮ

Translation of article

## Friction properties of knitted fabrics in wet state

**Abstrakt:** Měřit koeficient tření textilií za sucha je jednoduché, ale abychom byli schopni komplexně charakterizovat komfort nošení testovaného oděvu, je nutné znát i jeho koeficient tření za vlhka. Je to z toho důvodu, že pocit nepohodlí, způsobený vlhkým oděvem, je významnou složkou smyslového vnímání. Za tím účelem byl vyvinut nový měřicí přístroj a byl měřen koeficient tření vybraných úpletů jak za sucha, tak i po zavlhčení. Hodnoty spouštěcího tření byly zjišťovány jak na textiliích s různým materiálovým složením, a na textiliích se stejným materiálovým složením, ale různou strukturou pleteniny. Tento příspěvek shrnuje dosažené výsledky.

### 1. ÚVOD

Pocit nepohodlí, způsobený vlhkým oděvem, je důležitou složkou smyslového vnímání [1]. Žádná charakteristika testovaného oděvu by tedy nebyla úplná bez znalosti koeficientu tření za vlhka [2].

V této studii byl zkoumán vliv vlhkosti na koeficient tření pletených textilií, které obsahovaly různé množství elastanu, a pletených textilií se stejným materiálovým složením, ale různou strukturou pleteniny. Měření bylo provedeno na přístroji FRICTORQ tester, novém patentovaném přístroji [3] vyvinutém na Minho University, Portugalsko. Princip tohoto přístroje (který je detailně popsán v patentu) umožňuje určit koeficient tření s nízkým variačním koeficientem.

Přístroj je založen na měření kroutícího momentu, který je vyvozen třením mezi hmotným diskem a otáčející se testované textilií, nacházející se pod měřícím diskem. Speciální spojka mezi měřícím diskem a krokovým motorem zabraňuje přenosu vertikálních a ohybových sil na disk [3].

Normálová síla – přítlak je konstantní, a je dána hmotností měřícího disku působící na měřící plochu. Přítlak u přístroje FRICTORQ je stejný jako u systému KES. Díky rotaci textilie stacionární snímač kroutícího momentu neregistruje nežádoucí přírůstek kroutícího momentu, který by vznikl při rozběhu disku v případě, že by textilie byla nehybná a měřicí disk by se otáčel. Činnost přístroje je řízena

počítačem, a měření jsou v počítači i vyhodnocována. Dle manuálu přístroje jsou dosažené hodnoty tření pro suché textilie srovnatelné s hodnotami zjištěnými pomocí systému KES [4], neboť i kontaktní plocha je řešena podobně jako u přístroje KES – sestává z paralelních ocelových drátků o průměru 0,5 mm, které napodobují kapilární linie lidské pokožky na prstech.

V současnosti existují dva přístroje FRICTORQ – jeden je instalovaný v Portugalsku [5] a druhý na EGE Universitě v Izmiru, Turecko [6]. Další přístroj se připravuje pro Universitu v Záhřebu.

### 2. URČENÍ KOEFICIENTU TŘENÍ BAVLNĚNÝCH PLETENIN ZA VLHKA

#### 2.1 Materiály

První testované materiály byly pleteniny obsahující střížovou bavlněnou přízi Ne 30/1 a elastanovou přízi s jemností 44 dtex [6]. Textilie byla upletena na okrouhlém pletacím stroji Relanit 3.2 (32", 28 gg) Mayer&Cie. Při pletení bylo použito 50 podavačů. Byly upleteny tři samostatné vzorky se strukturou zátažné pleteniny: jeden pouze bavlněný, jeden s polovičním krytím bavlna/elastan (elastan v každém druhém řádku), a jeden s plným krytím bavlna/elastan (elastan v každém řádku). Vzorky byly podrobeny relaxaci za sucha, praní a barvení. Při relaxaci byly vzorky jeden týden ponechány na hladkém



vodorovném povrchu při standardních atmosférických podmínkách; praní bylo provedeno v plně automatické pračce s přidáním 0.05 g/L smáčecího přípravku; barvení proběhlo v souladu s moderními barvicími postupy.

## 2.2 Metody

Bavlněné vzorky byly nařezány podle šablony do tvaru kruhu s plochou cca 100 cm<sup>2</sup>. Poté byly vloženy do pece s teplotou 105°C, ponechány tam po dobu jedné hodiny a následně byly zváženy. Obdržená hodnota byla přijata za hodnotu hmotnosti textilie za sucha a byla použita ve vzorci uvedeném níže, který umožňuje vypočítat hmotnost vzorku při různých vlhkostech (20%-40%-60%-80%-100%):

Obsah vlhkosti [%] = (Hmotnost za vlhka – Hmotnost za sucha)/Hmotnost za sucha

Vzorky byly na jednu hodinu ponořeny do destilované vody, poté byly vyjmuty, přebytečná voda byla odstraněna pomocí savého materiálu a vzorky byly ponechány v atmosférických podmínkách. Po dosažení požadované vlhkosti byly vzorky znovu zváženy a pomocí FRICTORQ II byl změřen kinetický koeficient tření.

Obdobná procedura vlhčení/sušení byla použita i na polyesterové/polyamidové vzorky.

## 2.3 Experimentální výsledky pro bavlněné pleteniny a jejich hodnocení

Prezentované výsledky naznačují, že s rostoucím obsahem vlhkosti ve zkoumaných textiliích roste i koeficient tření, ale jen do určité hodnoty. Po překročení přibližně 40% úrovně vlhkosti se hodnota tření ustaluje.

## 2.4 Pleteniny PES/PAD

Podobný postup přípravy vzorků byl zvolen i pro testování textilií určených ke

sportovním účelům. Protože vlhkost způsobuje pocit nepohodlí, snaží se výrobci její vliv minimalizovat buď různým materiálovým složením textilií, nebo speciálními strukturami [7].

V další části experimentu byly zkoumány změny ve tření u materiálů s různou strukturou pleteniny. Nejprve byl změřen koeficient tření suchých vzorků, poté byly vzorky zavlhčeny a byl znovu změřen koeficient tření. Výsledky byly shrnuty do grafů a porovnány.

Hodnoty nemají charakter růstu či poklesu, ale pohybují se v určitém rozmezí. Ke kolísání hodnot dochází proto, že při rotaci vzorku s texturou tvořenou sloupky vzniká cyklická interakce této textury s texturou kontaktní plochy měřicí sondy. Při manuální fixaci vzorku v rotační podložce může dojít i nerovnoměrnému roztažení vzorku. Nicméně, verifikačním měřením bylo zjištěno, že hodnoty tření skutečně odpovídají hodnotám zjištěným na přístroji KES-FB4, takže tento vliv můžeme považovat za malý. Dalším důvodem může být nerovnoměrné rozložení vlhkosti ve vzorku, přestože byly vzorky před měřením ponechány deset minut v klidu. Přesto je ale vidět rozdíl mezi hodnotami tření, které jsme obdrželi pro vzorky za sucha (čárkovaná čára), a hodnotami tření, které jsme obdrželi pro vzorky za vlhka (plná čára).

## 3. VÝSLEDKY EXPERIMENTU A JEJICH VYHODNOCENÍ

Následující grafy zobrazují hodnoty maximálního (statického) a kinetického koeficientu tření textilií za sucha i za vlhka. Z prvního grafu je zřejmé, že koeficient tření je vyšší u vlhkých textilií. Maximální koeficient tření se v průměru zvýšil o cca 0,01, kinetický koeficient tření se zvýšil o přibližně 0,02.

Graf 2 ukazuje výsledky, které jsme obdrželi pro pleteninu se stejným materiálovým složením, ale odlišnou strukturou. Rozdíly v koeficientech tření za sucha a za vlhka jsou mnohem menší –

0,003 pro maximální koeficient tření, 0,007 pro kinetický koeficient tření.

Obrázek 6 znázorňuje další hladkou pleteninu a odpovídající koeficienty tření. Průměrný rozdíl v maximálních koeficientech tření je 0,023, průměrný rozdíl v kinetických koeficientech tření je 0,023. I zde platí, že koeficient tření je vyšší za vlhka, než za sucha.

Graf 7 znázorňuje výsledky pro pleteninu se stejným materiálovým složením, jako v předchozím případě (Obr. 6), ale jinou strukturou pleteniny. Rozdíl v koeficientech tření je mnohem vyšší, než v předchozí případě: 0,1 pro maximální koeficient tření, 0,08 pro kinetický koeficient tření. Opět se ukazuje, že struktura pleteniny má vliv na tření materiálu.

Graf 8 představuje výsledky měření koeficientu tření pro třetí typ pleteniny. Tato pletenina je velmi zajímavá, protože s vlhkostí koeficient tření klesl, nevzrostl! Průměrný rozdíl v maximálním tření je cca -0,04 a v kinetickém tření je cca -0,02. Naměřený rozdíl malý, ale slibný, neboť podněcuje další výzkum, jehož důsledkem by mohlo být podstatnější zvýšení tohoto pozitivního efektu. Textilie s těmito vlastnostmi by se mohla stát krokem směrem k moderním sportovním oděvům. Složení, struktura a finální úprava této speciální pleteniny není zde blíže popsána, neboť tvoří know how výrobce. Zdá se, že zmíněná finální úprava společně se speciální strukturou umožňují zvýšení tzv. mazacího efektu, který překonává efekt

adheze. Podrobný rozbor mechanismu tření bude předmětem dalšího výzkumu.

#### 4. ZÁVĚR

Z provedených měření vyplývá jeden zajímavý závěr: některé speciální textilie určené pro výrobu spodního prádla se chovají jinak, než běžné bavlněné pleteniny – jejich koeficient tření zůstává za vlhka téměř stejný jako za sucha nebo i trochu klesá, což poskytuje dobrý komfort nošení i při značném pocení. Pokud vezmeme v úvahu výsledky měření pro běžné bavlněné pleteniny, které provedla Prof. Masako Niwa, totiž že při obsahu vlhkosti v textilií nad 50% se většina uživatelů cítila nepříjemně, můžeme usoudit, že i při obsahu vlhkosti nad 50% některé textilie vykazují prakticky konstantní úroveň tření (viz. Obr 5), a že při vlhkosti cca 75% mají dokonce nižší koeficient tření (viz. Obr 6 a 8) než bavlněné textilie při 50% vlhkosti. Tyto speciální materiály by tedy měly svému nositeli poskytovat lepší komfort při nošení, než jaký mu poskytují běžné pleteniny při vysoké zátěži, kdy dochází ke značnému pocení.

**Poděkování:** Experimentální výsledky představené v této studii byly dosaženy za přispění Evropského programu LLP/ERASMUS v rámci spolupráce mezi Technickou univerzitou v Liberci, Česká republika, a University of Minho, Portugalsko.

**Tab. 1** Statistické vyhodnocení naměřených hodnot součinitele tření

Označení	$\bar{\mu}_{\max-dry}$	Sm. odchylka	$\bar{\mu}_{\max-wet}$	Sm. odchylka	$\bar{\mu}_{kin-dry}$	Sm. odchylka	$\bar{\mu}_{kin-wet}$	Sm. odchylka
Obr. 4	0,271	0,007 (2,71%)	0,284	0,015 (5,44%)	0,25	0,005 (2,11%)	0,27	0,014 (5,17%)
Obr. 5	0,277	0,009 (3,34%)	0,281	0,007 (2,54%)	0,256	0,007 (2,85%)	0,263	0,006 (2,40%)
Obr. 6	0,229	0,006 (2,76%)	0,252	0,004 (1,64%)	0,219	0,005 (2,12%)	0,242	0,003 (1,22%)
Obr. 7	0,314	0,016 (5,11%)	0,406	0,014 (3,35%)	0,282	0,005 (1,61%)	0,361	0,021 (5,95%)
Obr. 8	0,443	0,025 (5,69%)	0,399	0,014 (3,58%)	0,353	0,013 (3,64%)	0,329	0,005 (1,48%)

# RESONANCE OF ACOUSTIC MULTI-MEMBRANE SYSTEM

K. Kalinová<sup>1</sup> and T. Mikolanda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Technical University of Liberec, Faculty of Textile Engineering,

<sup>2</sup>Technical University of Liberec, Faculty of Mechatronics

Studentská 2, 46117 Liberec, Czech Republic,

phone: +420 48 535 3244, fax: +420 48 535 3244, [klara.kalinova@tul.cz](mailto:klara.kalinova@tul.cz)

**Abstract:** This paper deals with the acoustic behavior of a flexible porous material with resonant nanofibrous layer. The resonance effect of nanofibrous layer has been studied. The resonance frequency of acoustic system has been theoretical derived from the theory of the linear electrical circuit. The results will be compared with the experimental findings. The material formed from different number of nanofibrous layers is valued in comparison with the same number of nanofibrous layers damped by longitudinal laid nonwovens. The sound absorption coefficient increases with number of resonant layers and porous material using. Two-microphone Impedance Measurement Tube Type 4206 was used to measure the absorption coefficient in the frequency range 50Hz to 6,4kHz.

**Keywords:** sound absorption, resonance, nanofibers

## 1. INTRODUCTION

In the theoretical and experimental study of resonant systems [1], the three resonant forms are presented; vibrating membranes, vibrating board and Helmholtz's resonator.

The vibrating membrane is a thin board or foil that has very low rigidity. The air gap between the membrane and wall provides the damping of resonator [2].

It was shown in the paper [3] that the nanofibrous layer, applied to fibrous basic material has a resonant effect on the sound absorption. The absorption tops are displaced in the direction of lower frequency, which is in respect of sound absorption requested.

The resonance effect of polypropylene foil, aluminum foil and spunbond nonwovens was studied in the experimental study [4]. They found that the vibrating panel effects on the surface or inside the sample by the sound pressure. The noise absorption coefficient increases in the low-frequency region without any exception.

The resonant effect of membrane depends on its weight and air gap size [5]. The sound absorption coefficient increases with the weight per area of membrane and the resonant frequency decreases with this.

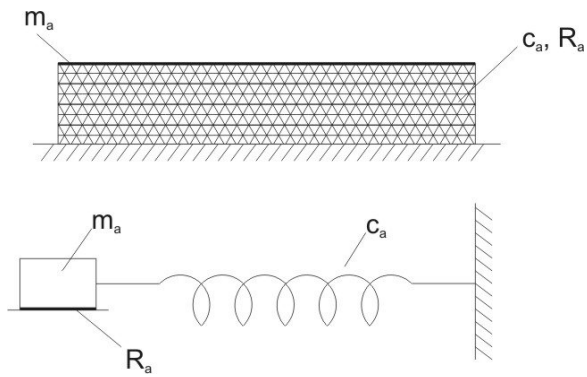
Providing that mass elements are perfectly rigid and elasticity elements are not mass, the mechanical analogy can be compared to linear electric circuit theory [6]. The electric impedance is defined by ratio of voltage and current. The acoustic impedance is established analogous to electric impedance as a ratio of sound pressure and acoustic volume velocity.

In the theories of sound wave propagation in the resonant system, the sound absorption coefficient of single-membrane system is derived [1, 7].

## 2. SINGLE-MEMBRANE SYSTEM

The study [1] has used the mechanical analogy of acoustic resonance system that is composed of acoustic mass  $m_a$  connected to acoustic compliance  $c_a$  that is damped with acoustic resistance  $R_a$ . The membrane behaviour can compare to mass point that is flexible suspended on the spring represented by the air (see Figure 1). The sound wave vibrates the resonance system and acoustic energy of resonance frequency is changed into the acoustic energy of another frequencies. These frequencies are damped so that the most of acoustic energy,

accumulated into the resonator, can be changed into the heat.



**Figure 1** Mechanical analogy of acoustic resonance system that is composed of acoustic mass  $m_a$  connected to acoustic compliance  $c_a$  that is damped with acoustic resistance  $R_a$ .

Acoustic impedance for mechanical element can be written as

$$Z_{am} = j\omega m_a, Z_{aR} = R_a, Z_{ac} = \frac{1}{j\omega c_a} \quad (1)$$

Providing that acoustic system is not damped ( $R_a=0$ ), the equation

$$j\omega m_a + \frac{1}{j\omega c_a} = 0 \quad (2)$$

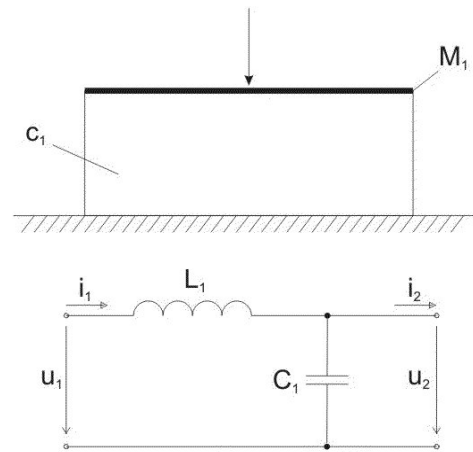
is realized.

Then the resonant frequency is in the following form

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{m_a c_a}} = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho}{m_{sq} d}} \quad (3)$$

where  $c$  is sound velocity,  $\rho$  is air density,  $m_{sq}$  is mass per area of resonator and  $d$  is thickness of air gap.

In this section, the resonant frequency of acoustic resonance system will be determined. The resonant system consists of one to seven resonant membranes that are substituted by one to seven series electrical circuit (see Figures 2 and 3).



**Figure 2** Diagram of single-membrane resonant system and its substitute electrical circuit. Inductance  $L_1$  and capacitance  $C_1$  substitute specific acoustic weight  $M_1$  and specific acoustic compliance  $C_1$ .  $i_1$  and  $i_2$  are input and output current,  $u_1$  and  $u_2$  are input and output voltage.

Characteristic matrix of two-port (see Figure 2) can be found as described in [8] in the following formulae, where particular elements are defined as follows

$$Z_{11} = \frac{u_1}{i_1} \Big/_{i_2=0} = j\omega M_1 + \frac{1}{j\omega C_1} \quad (4)$$

$$Z_{12} = \frac{u_1}{i_2} \Big/_{i_1=0} = -\frac{1}{j\omega C_1} \quad (5)$$

$$Z_{21} = \frac{u_2}{i_1} \Big/_{i_2=0} = \frac{1}{j\omega C_1} \quad (6)$$

$$Z_{22} = \frac{u_2}{i_2} \Big/_{i_1=0} = -\frac{1}{j\omega C_1} \quad (7)$$

Specific acoustic impedance matrix is then defined as

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Specific acoustic impedance of simple resonant system is equal to input impedance  $Z_{11}$  of electric circuit [1].

For more complicated electric circuits, input impedance generally results in rational divided function

$$Z_{c11} = \frac{P}{R} \quad (9)$$

where  $P$  and  $R$  are polynoms of degree  $m$ ,  $n$ .

When we do not consider any damping resonance will occur at situation when mass and compliance parts are equal. This condition is realized when  $P$  is equal to zero.

$$P = 0 \quad (10)$$

From solution (10) we obtain one resonant frequency

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{MC}} \quad (11)$$

We must take into our mind that  $f_r$  is not exact resonant frequency of physical system but resonant frequency of its substitute electrical circuit. To get the real resonant frequency we must multiply  $f_r$  by coefficient that can be derived from equation (3). Final formulae for mechanical resonant frequency is defined as

$$f_{rm} = f_{re} c \sqrt{\rho} \quad (12)$$

where  $f_{re}$  is resonant frequency of substitute electric circuit.

### 3. MULTI-MEMBRANE SYSTEM

Advancement for multipart resonant systems (see fig. 3) results in use of formulas of theory of electrical circuits. Electrical substitute circuit is composed from elementary two-port where output connectors of one two-port are connected to input connectors of another one. Such a connection is called cascade connection of two-ports. In this situation we must describe each two-port with equations where input parameters are dependant on output ones.

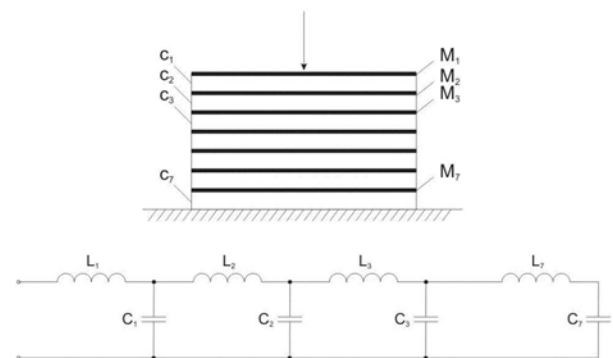
This description is also called cascade. Cascade matrix of two-port we obtain as

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 + \frac{Z_{L1}}{Z_{C1}} & Z_{L1} \\ \frac{1}{Z_{C1}} & 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

where  $Z_{L1} = j\omega M_1$  and  $Z_{C1} = \frac{1}{j\omega C_1}$ .

Matrix (13) is designated in a similar way for each two-port of cascade electric circuit. Final cascade matrix  $A$  of the whole system is got by right multiplication of particular cascade matrices in order of sound wave propagation towards reflective plane, as seen in Figure 3.

$$A_c = A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \dots A_7 \quad (14)$$



**Figure 3** Diagram of multi-membrane resonant system and its substitute electrical circuit. Inductance  $L_i$  and capacitance  $C_i$  substitute specific acoustic weight  $M_i$  and specific acoustic compliance  $C_i$ .

Since the resonant frequency of the physical system depends on each layer we need to get it from input impedance of the whole substituted electrical circuit. At first, cascade matrix  $A_c$  must be converted to impedance matrix  $Z_c$  [8]

$$Z_c = \frac{1}{A_{c21}} \begin{bmatrix} A_{c11} & -|A_c| \\ 1 & -A_{c22} \end{bmatrix} \quad (15)$$

Specific acoustic impedance is equal to input impedance of resonant system in the same

way as defined for simple resonant system. Only first parameter of  $Z_c$  can be used to get to know the resonant frequency

$$Z_{c11} = \frac{A_{c11}}{A_{c21}} \quad (16)$$

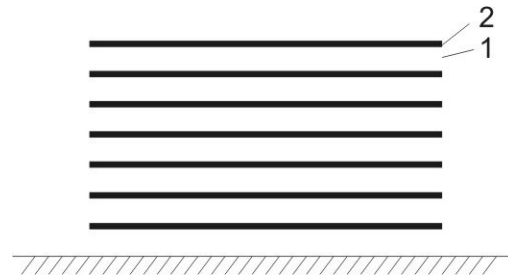
Next steps of calculation are the same as in the example of simple two-port system. Thus the next step would be to extract input impedance and continue with equation (9). Due to impossibility of explicit solution of equations with order greater than four, our solution is mathematical and implicit; all calculations are formed to MATLAB script that counts resonant frequencies of theoretically infinite-number system.

#### 4. THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESULTS

In this section the acoustic resonant system of one to seven resonant nanofibrous membranes will be projected. The theoretical results will be compared with the experimental findings.

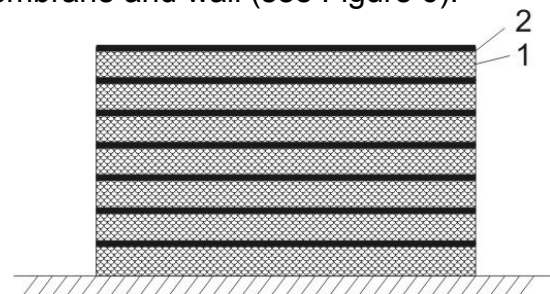
In the first case, the resonant system was composed of nanofibers applied to fiber web. Each nanofibrous membrane was put into the two-microphone apparatus (see Figure 4). The mass per area of resonant membrane was taken  $11.14 \text{ g.m}^{-2}$  and distance between each membrane was 5 mm, whereas the first membrane was in position of 35 mm from the wall in all configurations.

The Figure 5 predicates the resonant effect of nanofibrous membrane. In this part, the experimental results of the sound absorption coefficient depending on the sound frequency and number of resonant nanofibrous membrane are compared. The resonant frequency is about 2500 Hz in all configurations, because the mass per area of all membranes is constant. Then the amplitude of all membranes is for the same frequency.



**Figure 4** Diagram of seven-membrane resonant system where 1) denotes air gap of 5 mm thickness and 2) denotes nanofibrous resonant membrane, whereas the first membrane is in position of 35 mm from the wall in all configurations.

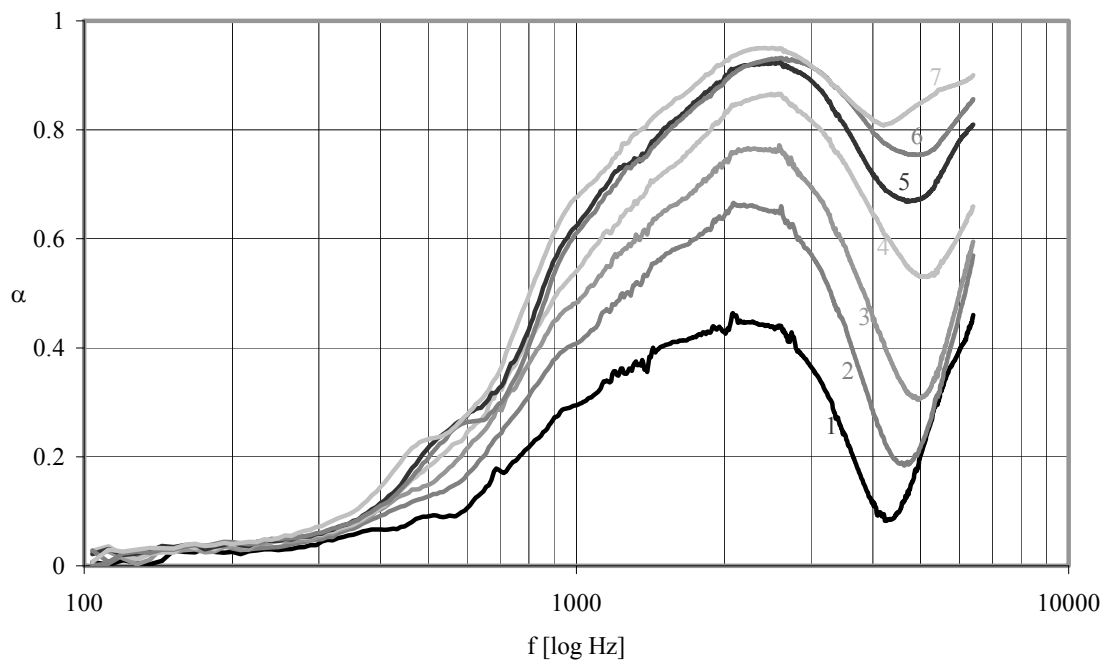
Together with resonance, the antiresonance occurs. The sound absorption coefficient increases with the number of nanofibrous resonant membrane. In the second case, the resonant membrane was composed of nanofibers applied to fiber web. The resonant system consists of one to seven resonant membranes. The longitudinal laid nonwovens filled the gap between each nanofibrous membrane and wall (see Figure 6).



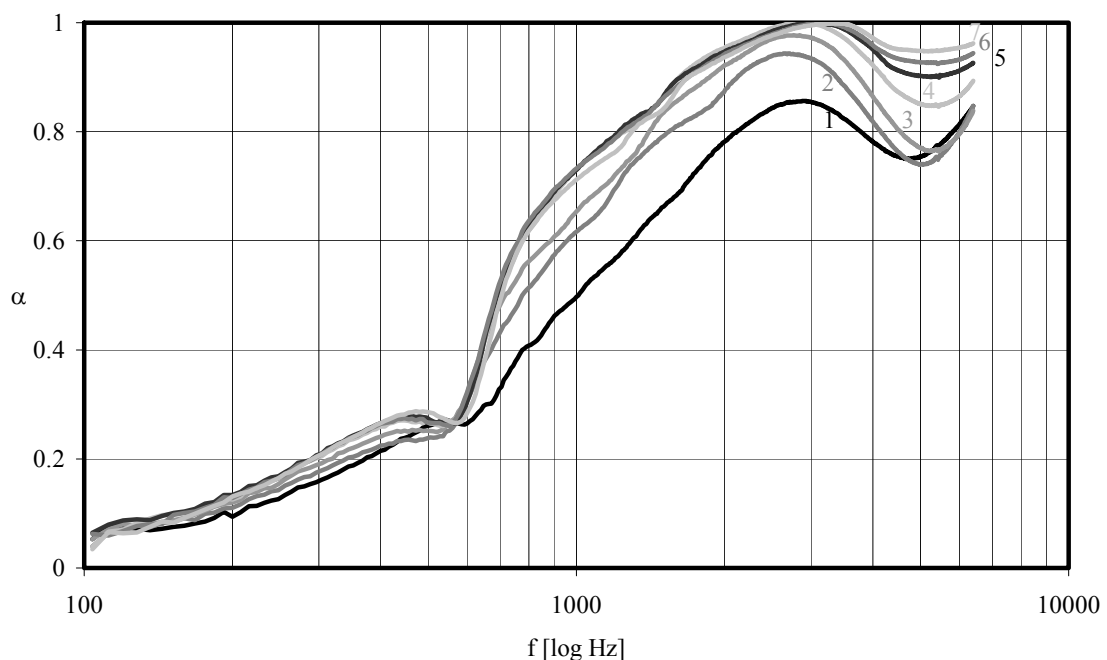
**Figure 6** Diagram of seven-membrane resonant system. 1) denotes longitudinal laid nonwovens of 5 mm thickness and 2) denotes nanofibrous resonant membrane, whereas the first membrane is in position of 35 mm from the wall in all configurations.

The Figure 7 predicates, as well as previous Figure 5, the resonant effect of nanofibrous membrane. In this part, the experimental results of the sound absorption coefficient depending on the sound frequency and number of resonant nanofibrous membrane are compared. From the comparison of both Figures (5 and 7), we can see that the sound absorption coefficient of nanofibrous membrane damped by nonwovens is higher

than that damped by air. Using more than four resonant membranes sound absorption does not increase eminently (see Figure 7)



**Figure 5** Experimental results of sound absorption coefficient  $\alpha$  depending on the sound frequency  $f$  and number of resonant nanofibrous membrane with air gap (1 – 7).



**Figure 7** Experimental results of sound absorption coefficient  $\alpha$  depending on the sound frequency  $f$  and number of resonant nanofibrous membrane with nonwovens (1 – 7).

Now, the theoretical results will be compared with the experimental findings (see Table 1). A mass per area was instituted to equation 13 instead specific acoustic mass  $M_i$  and distance between each membrane or membrane and wall instead specific acoustic compliance  $C_i$ .

Two-microphone Impedance Measurement Tube Type 4206 is used to measure the absorption coefficient in the frequency ranges 50 Hz to 6.4 kHz. This is achieved by measuring the incident and reflected components of random noise, which is generated inside the tube. From the incident and reflected components of the sound pressure at two microphone positions, the frequency response functions are calculated due to the cross-spectrum of the two microphone signals. Using these values, the sound absorption coefficient can be determined.

**Table 1** Theoretical and experimental results of resonant frequency of acoustic resonant system. The resonant system consists of one to seven resonant membranes

Number of resonant membranes	Resonant frequency of acoustic resonant system [kHz]		
	Experimental results		Theoretical results
	Membrane with air gap	Membrane with nonwovens	
1	2.09	2.91	2.97
2	2.09	2.66	2.22
3	2.29	2.77	1.92
4	2.49	2.84	1.76
5	2.59	3.01	1.69
6	2.59	3.18	1.65
7	2.59	3.35	1.64

## 5. CONCLUSIONS

Theoretical resonant frequency of single-membrane system is in good agreement with experimental findings.

Experimental value of resonant frequency increases with the number of resonant membrane owing to damping of acoustic energy propagating through the acoustic system. On the other hand, theoretical value decreases because the acoustic resistance or mere precisely damping was neglected.

The resonant effect of nanofibrous membrane was demonstrated. The sound absorption coefficient of nanofibrous membrane damped by nonwovens is higher than that damped by air when the resonant frequency was kept constant.

**Acknowledgement:** The contribution was sponsored by the post-doctoral project of Czech Science Foundation (GAČR), 106/07/P044 Transport and absorption of sound in nanofibres assemblies.

## 6. REFERENCES

1. Kolmer F, Kyncl J.: Prostorová akustika, Praha, SNTL, 1980
2. Fabric for Acoustic Kontrol, Technical Textiles 1993; 4 (4): 26
3. Kalinová K, Jirsák O.: Resonance effect of nanofibrous layers, In conference Autex 2005, Portorož
4. Lee Y, Joo Ch.: Sound Absorption Properties of Recycled Polyester Fibrous Assembly Absorbers, Autex Research Journal 2003; 3(2)
5. Kimihiro Sakagami, Masakazu Kiyama, Masayuki Morimoto, Daiji Takahashi: Sound Absorption of a Cavity-Backed Membrane: A Step Towards Design Method for Membrane-Type Absorbers, Applied Acoustics 1996; 49(3): 231-241
6. Merhaut J.: Teoretické základy elektroakustiky, Praha, Academia Praha, 1976
7. Krňák M.: Akustické obklady, Praha, VÚZORT Praha, 1971
8. Mayer D.: Úvod do teorie elektrických obvodů, Praha, SNTL Praha, 198



# REZONANCE AKUSTICKÉHO MULTI-MEMBRÁNOVÉHO SYSTÉMU

## Translation of the article Resonance of acoustic multi-membrane system

Za předpokladu, že elementy představující hmotnost jsou dokonale tuhé a elementy představující pružnost nemají hmotnost, lze přirovnat tuto problematiku k teorii lineárních obvodů v elektrotechnice, kde cívky jsou uvažovány bez kapacity, kondenzátory bez indukčnosti a odpory čistě ohmické [6]. Podobně jako je v elektrotechnice zaveden pojem elektrické impedance definovaný poměrem napětí a proudu, lze zavést i pro akustické soustavy obdobnou veličinu, akustickou impedanci  $Z_a$ . Je definována poměrem tlaku působícího na soustavu a objemové rychlosti, kterou soustava vlivem působení uvedené síly kmitá. Pro jednotlivé prvky platí

$$Z_a = j\omega m_a, \quad Z_a = R_a, \quad Z_a = \frac{1}{j\omega c_a} \quad (1)$$

Za předpokladu, že soustava není tlumena ( $R_a=0$ ), je splněna rovnice

$$j\omega m_a + \frac{1}{j\omega c_a} = 0 \quad (2)$$

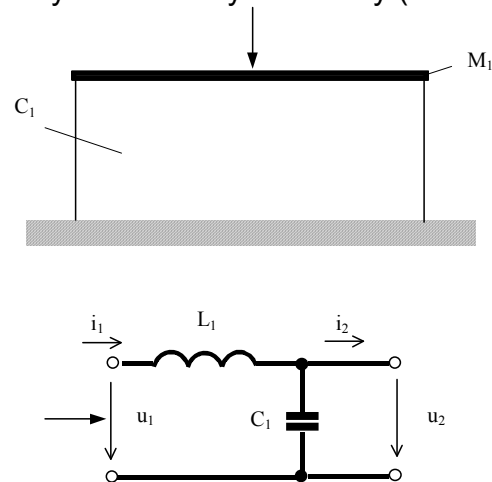
k rezonanci soustavy pak dochází na frekvenci

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{m_a c_a}} = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho}{m_{sq} d}} \quad (3)$$

kde  $c$  je rychlost šíření zvuku prostředím,  $\rho$  je hustota vzduchu (porózního materiálu),  $m_{sq}$  je plošná hmotnost membrány (desky),  $d$  je tloušťka vzduchového polštáře (porózního materiálu).

Rezonanční soustava může být nahrazena elektrickým obvodem, kde indukčnost nahrazuje měrnou akustickou hmotnost  $M$  a kapacita měrnou akustickou poddajnost  $C$ . V pracích [1, 7] je dvouprvková a tříprvková rezonanční soustava nahrazena elektrickým obvodem.

Rezonanční soustava sestává z 1 - 7 rezonančních prvků, které jsou nahrazeny 1 - 7 sériovými elektrickými obvody (Obr. 1 a 2).



**Obr. 1** Schéma a náhradní elektrické schéma jednoduché rezonanční soustavy. Měrná akustická hmotnost  $M_1$  je nahrazena indukčností  $L_1$  a měrná akustická poddajnost  $C_1$  kapacitou  $C_1$ ,  $i_1$  a  $i_2$  jsou vstupní a výstupní proud,  $u_1$  a  $u_2$  jsou vstupní a výstupní napětí.

Charakteristickou matici dvojbranu (Obr. 1) lze podle [8] nalézt v následujícím tvaru, kde jednotlivé prvky matice jsou

$$Z_{11} = \left. \frac{u_1}{i_1} \right|_{i_2=0} = j\omega M_1 + \frac{1}{j\omega C_1} \quad (4)$$

$$Z_{12} = \left. \frac{u_1}{i_2} \right|_{i_1=0} = -\frac{1}{j\omega C_1} \quad (5)$$

$$Z_{21} = \left. \frac{u_2}{i_1} \right|_{i_2=0} = \frac{1}{j\omega C_1} \quad (6)$$

$$Z_{22} = \left. \frac{u_2}{i_2} \right|_{i_1=0} = -\frac{1}{j\omega C_1} \quad (7)$$

pak má matice měrné akustické impedance tvar

$$Z_1 = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Měrná akustická impedance jednoduchého rezonančního systému je rovna vstupní impedanci elektrického obvodu  $Z_{11}$  [1].

Vstupní impedance však vyjde pro složitější soustavy téměř vždy ve tvaru racionální lomené funkce

$$Z_{c11} = \frac{P}{R} \quad (9)$$

kde  $P$  a  $R$  jsou polynomy stupně  $m$  a  $n$ .

Neuvažujeme-li žádné tlumení, dojde k rezonanci v případě, kdy se hmotnostní a poddajnostní složka měrné akustické impedance sobě rovnají, tedy když polynom  $P$  ve vztahu (9) se rovná nule

$$P = 0 \quad (10)$$

Z řešení (10) obdržíme jednu rezonanční frekvenci rovnu

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{MC}} \quad (11)$$

Musíme si však uvědomit, že se nejedná přímo o rezonanční frekvenci fyzikální soustavy, ale jeho náhradního rezonančního elektrického modelu. Chceme-li získat i rezonanční frekvenci skutečné soustavy, musíme vypočtenou frekvenci korigovat vztahem, který lze odvodit ze vztahu (3).

Výsledný vztah pro přepočtení ekvivalentní rezonanční frekvence náhradního elektrického obvodu na rezonanční frekvenci fyzikálního systému je popsán následujícími rovnicemi

$$f_{rm} = f_{re} c \sqrt{\rho} \quad (12)$$

Pro výpočet víceprvkové rezonanční soustavy (obraz 3), je postup složitější. Jelikož se jedná o kaskádní spojení dvojbranů, je nutné dvojbrany též popsat pomocí rovnic, kde vstupní veličiny jsou závislé na veličinách výstupních. Popis dvojbranu při uvedené závislosti se nazývá

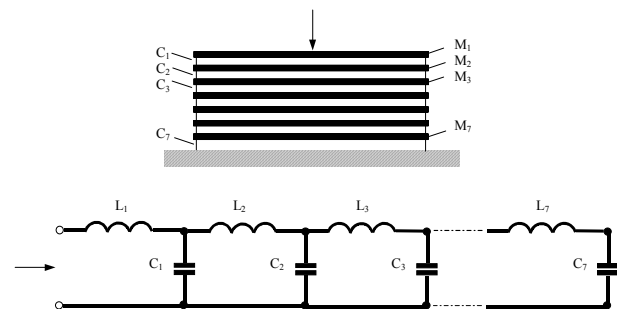
taktéž kaskádním. Kaskádní matici dvojbranu, určíme dle vztahu

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 + \frac{Z_{L_1}}{Z_{C_1}} & Z_{L_1} \\ \frac{1}{Z_{C_1}} & 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

kde  $Z_{L_1} = j\omega M_1$  a  $Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1}$ .

Tato matice je stanovena podobně pro každý rezonanční prvek. Součinem těchto matic získáme výslednou matici  $A_c$  tak, že dílčí matice jsou násobeny zprava v pořadí, které odpovídá pořadí rezonančních prvků sestavených ve směru šíření zvuku k odrazivé stěně podle Obr. 2.

$$A_c = A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \dots A_7 \quad (14)$$



**Obr. 2** Schéma a náhradní elektrické schéma sedmiprvkové rezonanční soustavy. Měrná akustická hmotnost  $M_i$  je nahrazena indukčností  $L_i$  a měrná akustická poddajnost  $C_i$  kapacitou  $C_i$ .

Výslednou kaskádní matici opět transformujeme na impedanční matici, která je ve tvaru

$$Z_c = \frac{1}{A_{c21}} \begin{bmatrix} A_{c11} & -|A_c| \\ 1 & -A_{c22} \end{bmatrix} \quad (15)$$

Stejně jako v jednoduchém rezonančním systému je měrná akustická impedance rovna vstupní impedanci rezonančního systému. Pro výpočet rezonanční frekvence tedy stačí znát první člen výsledné impedanční matice

$$Z_{c11} = \frac{A_{c11}}{A_{c21}} \quad (16)$$

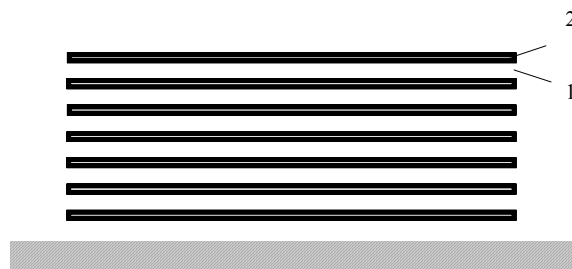
Další postup výpočtu je již stejný jako v případě jednovrstvého systému, čili dalším krokem by bylo z impedanční matice vyjádřit vstupní impedanci a pokračovat vztahem (9) dále. Rezonanční frekvence vícevrstvého systému je vypočítána implicitně. Zcela stejným postupem byl realizován i skript pro MATLAB, který počítá rezonanční frekvence teoreticky nekonečně-prvkového systému.

Stanovená rezonanční frekvence akustického rezonančního systému, který sestává z 1 – 7 rezonančních membrán je porovnána s experimentálními daty. Rezonanční nanovláknenná membrána o plošné hmotnosti  $11,14 \text{ g.m}^{-2}$  je vyrobena elektrostatickým zvlákňováním vodného roztoku polyvinylalkoholu. Takto připravený rezonanční nanovláknenný prvek byl postupně od jednoho do sedmi kusů upnut do měřicí aparatury (Obr. 3) ve vzdálenosti 5 mm od sebe, vždy do celkové vzdálenosti od odrazivé stěny 35 mm. Například pokud byl měřen jeden prvek, byl umístěn do vzdálenosti 35 mm od odrazivé stěny, pokud byly měřeny dva prvky, byl jeden umístěn do vzdálenosti 35 mm od odrazivé stěny a druhý do vzdálenosti 30 mm od stěny, atd.

Obr. 4 vypovídá o rezonančním efektu nanovláknenné membrány. Křivky udávají činitele zvukové pohltivosti v závislosti na frekvenci zvuku jednoho až sedmi rezonančních prvků (NV1 – NV7). Rezonanční efekt nastává ve všech případech kolem frekvence 2500 Hz, protože plošná hmotnost a s tím i související tuhost membrány zůstává konstantní, prvky mají tedy amplitudu pro určitý mód při stejné frekvenci.

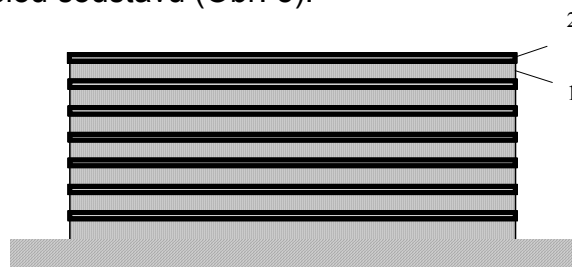
Membrána vykazuje nejen rezonanci, ale také antirezonanci, která je příčinou poklesu pohltivosti. S počtem rezonančních prvků roste činitel zvukové pohltivosti.

Pro úplnost byla změřena frekvenční závislost činitele zvukové pohltivosti prázdné měřicí aparatury. Vidíme, že v oblasti 5 kHz dochází ke zvýšení činitele zvukové pohltivosti prázdného přístroje, která je zřejmě daná jeho geometrií. Tato chyba se nenachází v rezonanční oblasti membrán, proto není třeba tuto pohltivost odečítat.



**Obr. 3** Schematické znázornění sestavy sedmi rezonančních prvků, 1) označuje vzduchovou mezeru vždy 5 mm a 2) označuje nanovláknennou membránu, kde čelní membrána je ve vzdálenosti 35 mm od odrazivé stěny.

Druhý typ zkoušeného materiálu byl sestaven z požadovaného množství rezonančních prvků (1-7 kusů) a vždy doplněn na požadovanou tloušťku 35 mm a objemovou hmotnost  $18 \text{ kg.m}^{-3}$  vláknenným porózním materiálem. Porózní materiál vyplňuje vzduchovou mezeru mezi jednotlivými rezonančními prvky a tlumí tak celou soustavu (Obr. 5).

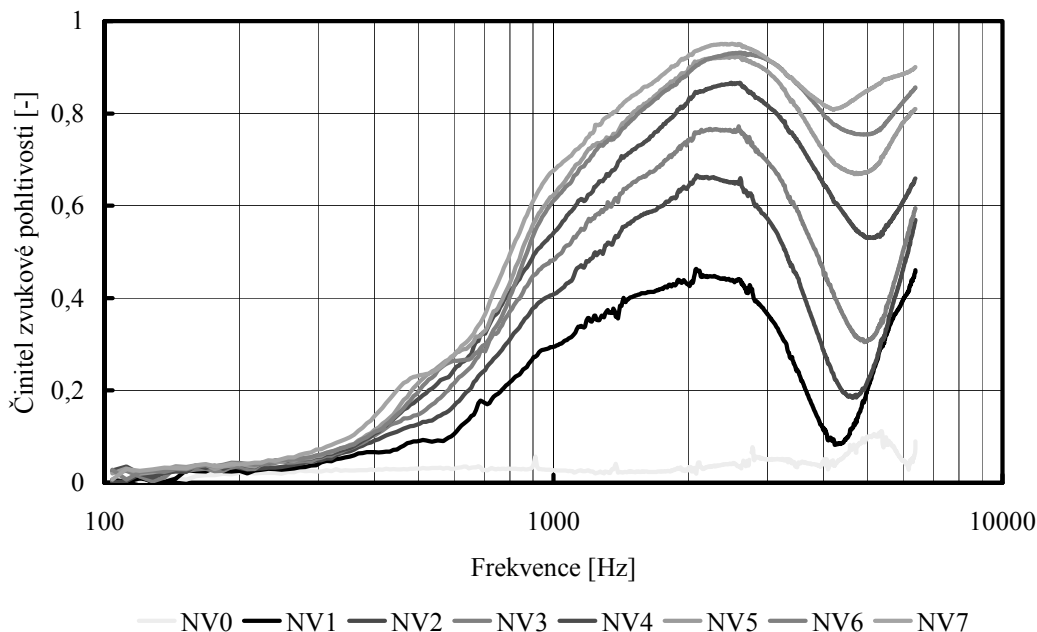


**Obr. 5** Schematické znázornění sestavy sedmi rezonančních prvků tlumených porózním materiálem, 1) označuje vláknennou podélně kladenou vrstvu o tloušťce 5 mm a 2) označuje nanovláknennou membránu, kde čelní membrána je ve vzdálenosti 35 mm od odrazivé stěny.

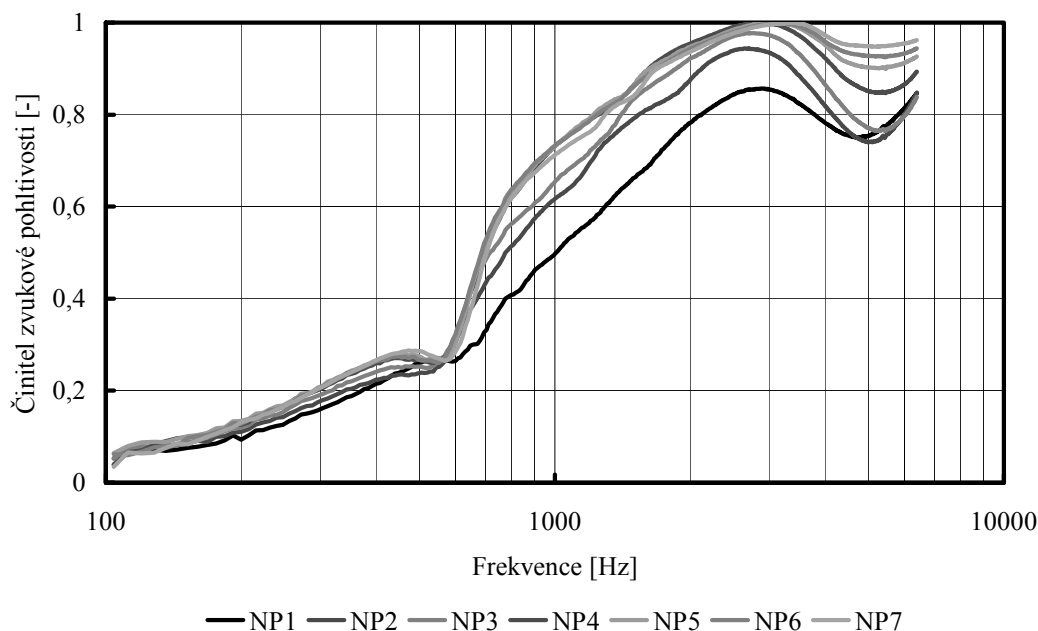
Například sestava obsahující jeden rezonanční prvek byla zkonstruována tak, že rezonanční membrána byla umístěna 35 mm od odrazivé stěny a vzniklý prostor byl vyplněn podélně kladeným vláknenným materiálem na požadovanou objemovou hmotnost celého systému. V sestavě se dvěma rezonančními prvky byla jedna membrána umístěna ve vzdálenosti 35 mm od odrazivé stěny, druhá ve vzdálenosti 30 mm a prostor mezi oběma membránami stejně jako prostor mezi druhou membránou

a odrazivou stěnou byl vyplněn podélně kladeným vláknenným materiálem o požadované objemové hmotnosti, atd.

Tento postup lze použít pro stanovení vlastní frekvence rezonančního systému z nekonečně mnoho prvků.



**Obr. 4** Činitel zvukové pohltivosti v závislosti na frekvenci zvuku a počtu rezonančních prvků (0–7)



**Obr. 6** Činitel zvukové pohltivosti v závislosti na frekvenci zvuku a počtu rezonančních prvků (1–7)

Obr. 6 vypovídá podobně jako Obr. 4 o rezonančním efektu nanovláknenné membrány. Z porovnání obou plyne výrazné zvýšení činitele zvukové pohltivosti při zatlumení systému porózním vláknenným

materiálem. Z Obr. 6 lze usoudit, že použití více jak čtyř rezonančních prvků v sestavě s výše uvedenými parametry je nadbytečné, jelikož hodnota činitele zvukové pohltivosti se přidáním dalšího prvku nezvyšuje, pouze

v oblasti antirezonance dojde k menšiemu poklesu.

**Tabulka 1** Experimentálne a teoreticky stanovené hodnoty vlastnej frekvencie jednosedmi prvkového rezonančného systému

Počet rezonančných prvků	Rezonanční frekvence systému [kHz]		
	Experimentálně stanovená		Teoreticky stanovená
	Samotná membrána	Membrána tlumená vlákny	
1	2,09	2,91	2,97
2	2,09	2,66	2,22
3	2,29	2,77	1,92
4	2,49	2,84	1,76
5	2,59	3,01	1,69
6	2,59	3,18	1,65
7	2,59	3,35	1,64

Teoreticky stanovená hodnota vlastnej frekvencie jednoduchého rezonančného systému sa blíží experimentálne stanovené

(Tabulka 1). Experimentálne stanovená rezonanční frekvence systému s počtem rezonančních membrán stoupá vlivem útlumu akustické energie při průchodu zvuk pohltivým systémem. Teoreticky stanovená vlastní frekvence systému klesá, jelikož ve výpočtech je zanedbán akustický odpor, tedy útlum akustické energie. V systému sestaveném pouze z membrán dochází k útlumu vlivem tření mezi vzduchem a stěnami měřicí aparatury. V systému, kde prostor mezi jednotlivými rezonančními membránami je vyplněn vlákny, dochází k útlumu vlivem tření mezi vzduchem a povrchem vláken. v druhém případě je tlumení významnější. Nedostatečná shoda výsledků v jednoduchém rezonančním systému, kde k útlumu energie před první membránou nedochází žádném z obou systémů, je způsobena nestejnou měrností nanovláknenné membrány a způsobem jejího uchycení v měřicím zařízení.

## SÚHRNY DIPLOMOVÝCH PRÁC NA KATEDRE CHÉMIE A TECHNOLOGIE POLYMÉRNÝCH MATERIÁLOV A TEXTILU, FPT TNUAD SO SÍDLOM V PÚCHOVE V RÁMCI INŽINIERSKEHO ŠTÚDIA V ŠKOLSKOM ROKU 2008/2009

### Magdaléna Ďurajková

*Vedúci DP:* Ing. Ľudmila Balogová, VÚTCH-Chemitex, spol. s.r.o. Žilina

*Konzultant DP:* Doc. Ing. Iva Sroková, CSc.

*Recenzent:* Ing. Dana Čižmárová, VÚTCH-Chemitex, spol. s.r.o. Žilina

### ŠTÚDIUM VPLYVU PARAMETROV MODIFIKOVANÉHO POLYPROPYLENOVÉHO VLÁKNA NA BARIÉROVÉ VLASTNOSTI PLETENÍN PROTI ULTRAFIALOVÉMU ŽIARENÍU

Diplomová práca je zameraná na štúdium vplyvu vybraných parametrov modifikovaného polypropylénového vlákna na bariérové vlastnosti pletenín proti ultrafialovému žiareniu. Experimentálna časť práce bola zameraná na stanovenie rôznych vplyvov na bariérové vlastnosti pletenín proti UV žiareniu. Hodnotil sa vplyv nanoaditíva a jeho koncentrácia, vplyv tvarovania PP vlákna, vplyv farebného odtieňa a sýtosť PP vlákna, ako aj vplyv vzduchom tvarovaného farebného PP vlákna.

Samostatná podkapitola diplomovej práce je zameraná aj na vyhodnotenie vplyvu vybraného typu nanoaditíva v modifikovanom PP vlákne na zdravie človeka.

### STUDY OF THE INFLUENCE OF MODIFIED PP FIBRE PARAMETERS ON THE BARRIER PROPERTIES OF KNITTED FABRICS AGAINST UV RADIATION

The thesis is focused on the study of selected parameters of modified polypropylene fibre on the barrier properties of knitted fabrics against ultraviolet radiation. Experimental part of the diploma work was focused on the evaluation of various influences on the barrier properties of knitted fabrics against UV radiation. The influence of the nanoadditive and its concentration, hue and saturation of PP fibre, as well as the influence of by air moulded and coloured PP fibre were evaluated.

Separate subhead of the diploma work is also focused on evaluation of the influence of

selected type of nanoadditive in modified PP fibre on human health.

### Martina Hošťáková

*Vedúci DP:* Doc. Ing. Iva Sroková, CSc.

*Konzultant DP:* RNDr. Mazíková, PhD.

*Recenzent:* Ing. Anna Malovíková, PhD., CHÚ SAV

### MOŽNOSTI PRÍPRAVY NOVÝCH ESTEROV O-HYDROXYETYLCELULÓZY A ICH CHARAKTERIZÁCIA

V diplomovej práci sa riešila možnosť prípravy nových esterov kyseliny škoricovej a hydroxyetylcelulózy (HEC), priamou esterifikáciou kyselinou škoricovou. Táto práca bola súčasťou riešenia projektu VEGA č. 2/0062/09. Následne sa pripravené estery HEC charakterizovali IR a UV spektrami a stanovili sa vybrané povrchovo-aktívne a funkčné vlastnosti. Nové estery HEC sa pripravili za miernych podmienok, v prostredí DMF/voda za prítomnosti DCCI a DMAP, vo veľmi dobrých výťažkoch. Prítomnosť esterovej skupiny sa potvrdila oboma spektrálnymi metódami. Estery HEC sa vyznačujú miernym znižovaním povrchového napätia, ale tvorbou stabilných emulzií a účinnosťou porovnateľnou s Tweenom 20, resp. aj vyššou ako uvedený štandard. Antiredepozičné účinnosti sú porovnateľné so štandardom CMC s DS = 0,5; prípadne vyššie.

### POSSIBILITIES OF NEW ESTERS OF CINNAMIC ACID AND O - HYDROXY- ETHYLCELLULOSE PREPARATION AND THEIR CHARACTERISATION

In this diploma work, the possibility of direct esterification of the cinnamic acid with hydroxyethylcellulose (HEC) was solved. This work was realised within the project VEGA No. 2/0062/09. The prepared esters of HEC were characterised by IR and UV spectroscopy and some of the surface-active and performance properties were evaluated. New esters of HEC were prepared under mild reaction conditions in

DMF/water system in the presence of DCCI and DMAP in very good yields. The presence of ester groups was confirmed by both spectral methods. Esters of HEC lowered the surface tension of water only moderately, but showed excellent emulsifying efficiency comparable to Tween 20. Antiredepositional properties are comparable to the standard CMC DS = 0.5 or higher.

### **Katarína Kostelanská**

*Vedúci DP:* Ing. Vladimíra Tomanová, PhD.  
*Konzultant DP:* Doc. Ing. Iva Sroková, CSc.  
*Recenzent:* Ing. Danica Mislovičová, PhD.

### **NOVÉ CINAMOYL ESTERY CMC, PRÍPRAVA A ICH ROZTOKOVÉ VLASTNOSTI**

Diplomová práca sa zaoberá prípravou cinamoyl esterov CMC esterifikáciou kyselinou škoricovou v prostredí DMF/pTSK a H<sub>2</sub>O/DMF. Deriváty sa charakterizovali FT-IR spektroskopiou. Hodnotili sa ich povrchovo-aktívne a asociatívne vlastnosti. Pripravené deriváty rozpustné a čiastočne rozpustné vo vode, vykazovali výborné emulgačné účinky porovnateľné s komerčným emulgátorom Tween20. Výsledky z meraní asociatívnych vlastností poukazujú na existenciu makromolekulových interakcií týchto derivátov, ktoré možno v zriedených roztokoch pripísať intramolekulovým asociáciám hydrofóbnych substituentov.

### **NEW CINNAMOYL ESTERS OF CMC, PREPARATION AND THEIR SOLUTION PROPERTIES**

The thesis deals with the preparation of cinnamoyl esters of carboxymethylcellulose by esterification with cinnamic acid in DMF/pTSK and H<sub>2</sub>O/DMF system. Derivates were characterized by FT-IR spectroscopy. The surface-active and associative properties were evaluated. Prepared water-soluble and partially water-soluble derivates showed excellent emulsifying efficiency, comparable to the commercial standard Tween20. The results from associative properties measurement indicated the existence of macromolecular interactions ascribed to intramolecular associations of the hydrophobic substituents.

### **Lucia Migátová**

*Vedúci DP:* Ing. Petra Skalková, PhD.  
*Konzultant DP:* Doc. Ing. Iva Sroková, CSc.  
*Recenzent:* Ing. Zdena Hromádková, PhD., CHÚ SAV

### **PRÍPRAVA A ŠTÚDIUM VLASTNOSTÍ NOVÝCH ESTEROV XYLÁNU**

Diplomová práca sa zaoberá prípravou cinamoyl esterov xylánu BGX esterifikáciou kyselinou škoricovou v prostredí dimetylsulfoxidu za prítomnosti dicyklohexylcarbodiimidu (DCCI) a 4-dimetylaminopyridínu (DMAP). Pripravené deriváty sa charakterizovali FT-IR a UV spektroskopiou. Študovali sa ich povrchovo – aktívne a roztokové vlastnosti. Deriváty neznižovali povrchové napätie a netvorili stabilné emulzie. Merania asociatívnych vlastností týchto derivátov poukazujú na malé hydrofóbne interakcie.

### **PREPARATION AND STUDY OF PROPERTIES OF NEW XYLANE ESTERS**

The thesis deals with the preparation of cinnamoyl esters of xylane BGX by esterification with cinnamic acid in DMSO as a reaction medium in the presence of DCCI and DMAP. Prepared derivatives were characterized by FT-IR and UV spectroscopy. Surface-active and solution properties were evaluated. Derivatives decreased surface tension very moderately and did not make stable emulsions. The measurement of the associative properties of this derivatives indicated only low hydrophobic interactions.

### **Ľubomíra Pekarovičová**

*Vedúci DP:* Prof. Ing. Martin Jambrich, DrSc.  
*Konzultant DP:* Ing. Jozef Rosa  
*Recenzent:* Ing. Ján Starigazda, CSc., VÚCHV Svit

### **ŠTRUKTÚRA A VLASTNOSTI POLYESTEROVÝCH VLÁKIEN PRE PNEUMATIKY**

Diplomová práca je zameraná na prípravu, hodnotenie štruktúry a vlastností polyetylentereftalátových (PET) vlákien pre aplikáciu v pneumatikách, pripravených kontinuálnym zvlákňovaco-dĺžiacim procesom z DMT. Príprava polyetylentereftalátových vlákien sa uskutočnila na prevádzkovom zariadení v spoločnosti SLOVKORD a.s. Senica.

U pripravených PET technických vlákien sa hodnotili fyzikálno-mechanické vlastnosti (pevnosť, ťažnosť, modul pružnosti, zrážanie) a parametre nadmolekulej (orientácia, kryštalický podiel) a morfolologickej štruktúry.

#### THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF PET FIBRES FOR TYRES

The diploma work was focused on the preparation and evaluation of the structure and properties of the polyethylene-terephthalate (PET) fibres applied in tyres, prepared by continuous spin-draw process from DMT. The preparation of the PET fibres was realized on technological equipment in SLOVKORD a.s. Senica. The valuation of the PET fibres was focused on physico-mechanical properties (tenacity, elongation, modulus of elasticity, shrinkage) and parameters of the supramolecular (orientation, crystalline part) as well as morphological structure.

#### Kristína Repková

*Vedúci DP:* Doc. Ing. Iva Sroková, CSc.  
*Konzultant DP:* RNDr. Viera Mazíková, PhD.  
*Recenzent:* Ing. Alena Bielaková, Johnsons Controll s.r.o. Trenčín

#### PRÍPRAVA AMIDOV CMŠ ÚČINKOM MW ŽIARENIA A ŠTÚDIUM ICH VLASTNOSTÍ

Diplomová práca sa zaoberá prípravou a štúdiom vlastností vodorozpustných dodecylamidov CMŠ. Deriváty sa pripravili amidáciou O-(karboxymetyl) škrobu s dodecylamínmi v prostredí DMSO, za prítomnosti katalyzátora 4-DMAP a za účinku Mw žiarenia a charakterizovali sa FT-IR spektroskopiou. Stanovili sa funkčné, povrchovo-aktívne a roztokové vlastnosti (povrchové napätie, kritická micelárna koncentrácia, emulgačná účinnosť, antiredepozičná účinnosť). Sledovala sa prítomnosť hydrofóbných agregátov a stanovila sa kritická agregačná koncentrácia.

#### PREPARATION OF CMS AMIDES BY MW IRRADIATION AND STUDY OF THEIR PROPERTIES

The diploma thesis was focused on the preparation and study of the properties of water soluble CMS dodecylamides. Derivates were prepared by amidation of the O-(carboxymethyl) starch with dodecylamides in DMSO under MW heating in the presence of 4-DMAP as a catalyst and were characterized by FT-IR spectroscopy.

The functional, surface-active and solutions properties were evaluated (surface tension, critical micelle concentration, emulsifying efficiency, antiredepositive efficiency). The presence of hydrophobic aggregates was observed and critical aggregate concentration was evaluated.

#### Katarína Štefanková

*Vedúci DP:* Doc. Ing. Iva Sroková, CSc.  
*Konzultant DP:* Ing. Jaroslav Lučivjanský, Fibrochem Svit  
*Recenzent:* Ing. Jarmila Balogová, Fibrochem Svit

#### ŠTRUKTÚRA A VLASTNOSTI TEXTÍLIÍ ZO ŠPECIÁLNYCH PP VLÁKIEN

Diplomová práca je zameraná na štúdium štruktúry a vlastností termobielizne (tričiek) vyrobených z klasického PP a zo špeciálnych PP vlákien. Hodnotili sa fyzikálno-mechanické vlastnosti vlákien a pletenín ako aj fyziologické a tepelno-izolačné vlastnosti pletenín i výrobkov z nich - tričiek. Úžitkové vlastnosti termobielizne nosením boli hodnotené 5 probantmi. Z výsledkov vyplýva, že zmenou geometrie či hydrofilnou modifikáciou PP vlákien sa zlepšili niektoré špecifické vlastnosti výrobkov a to najmä sorpčné a tepelno-izolačné.

#### THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE TEXTILE FABRICS FROM SPECIAL PP FIBRES

The diploma work is oriented on a study of the structure and properties of the thermal-underwear (T-shirt) made from the classical and special PP fibres. The physico-mechanical properties of the fibres and knitted fabrics, as well as physiological and thermal properties of the knitted fabrics and products (T-shirts) were evaluated. Utility properties of the thermal-underwear were evaluated by five probants. It was found that some of the specific properties of the knitted fabrics were improved, namely sorptive and thermal-insulating properties, by the geometry or hydrophilicity changes of the PP fibres.



**Uríčová Silvia**

*Vedúci DP:* Prof. Ing. Martin Jambrich, DrSc.

*Konzultanti DP:* Ing. Martin Mikluš, Mikultex s.r.o.

*Recenzent:* Ing. Jarka Sýkorová, PhD., JOHNSONS CONTROL s.r.o. Trenčín

### PRÍPRAVA, ŠTRUKTÚRA A VLASTNOSTI NETKANÝCH MATERIÁLOV S RÔZNYM MATERIÁLOVÝM ZLOŽENÍM

Diplomová práca bola zameraná na prípravu netkaných textílií (NT) z PP a PES vlákien. Ako prvotná surovina bola použitá PP striž a druhotná PES striž. NT boli vyrobené na prevádzkovej linke v Mikultexe s. r. o. v Liptovskom Mikuláši s rôznym obsahom PP a PES v zmesi ako aj vzorky z PP a PES striže.

Hodnotili sa ich fyzikálno-mechanické vlastnosti a makromorfologická štruktúra. Z dosiahnutých výsledkov možno konštatovať, že je možné použiť na prípravu NT aj druhotnú PES striž s relatívne dobrými vlastnosťami.

### PREPARATION, STRUCTURE AND PROPERTIES OF NON-WOVEN MATERIALS WITH VARIOUS COMPOSITION

The diploma work was focused on the preparation of non-woven textiles from PP and PES fibres. PP staple fibres were used as a primary feedstock and PES staple fibres as a secondary feedstock. Non-woven textiles were prepared on an industrial production line in Mikultex s. r. o. Liptovský Mikuláš varying the proportion of PP and PES fibres in the mixture, as well as the kind of PP and PES staple fibres.

Physico-mechanical properties and macro-morphological structure of prepared non-woven textiles were evaluated. From the results can be concluded that secondary PET staple fibres can be used for the preparation of non-woven textiles with relatively good properties.

**Erika Vániková**

*Vedúci DP:* Ing. Petra Skalková, PhD.

*Konzultant DP:* Doc. Ing. Iva Sroková, CSc.

*Recenzent:* Ing. Daniela Johec-Mošková, PhD.

### PRÍPRAVA ZMESÍ Z PE A PRÍRODNÉHO POLYSACHARIDU A ŠTÚDIUM ICH VLASTNOSTÍ

Diplomová práca sa zaoberá prípravou a štúdiom zmesí nízko hustotného polyetylénu

a polysacharidu manánu (Locust Bean Gum) s rôznym obsahom za a bez prítomnosti kompatibilizátora. Ako kompatibilizátor sa použil kopolymér etylénu a kyseliny akrylovej v rôznych množstvách vzhľadom na Locust Bean Gum. Kompatibilita pripravených zmesí sa posúdila ATR spektroskopiou a svetelnou mikroskopiou. Študoval sa vplyv plniva LBG a kompatibilizátora EAA na mechanické vlastnosti pripravených zmesí (pevnosť v ťahu, ťažnosť, Youngov modul). Zmesi LDPE/LBG s 50 hm.% obsahom kompatibilizátora EAA sa vyznačovali lepšími mechanickými vlastnosťami, oproti nekompatibilizovaným zmesiam.

Prítomnosť kompatibilizátora EAA pozitívne vplývala aj na termickú stabilitu LDPE/LBG zmesí. Polysacharid LBG prítomný v zmesi s LDPE priaznivo ovplyvňoval biodegradáciu zmesí.

### PREPARATION OF PE/NATURAL POLYSACHARIDE BLENDS AND STUDY OF THEIR PROPERTIES

The thesis deals with preparation and study of blends of low density polyethylene with mannan (Locust Bean Gum) in four different amounts with and without compatibiliser. Poly (ethylene-co-acrylic) acid (EAA) was used as a compatibiliser in various proportions. The compatibility of the prepared blends was studied by ATR spectroscopy and light microscopy. The effect of LBG filler and compatibiliser EAA on mechanical properties (stress at break, strain at break, Young's modulus) of the prepared blends was studied. The blends of LDPE/LBG containing 50 wt.% of compatibiliser EAA have shown better mechanical properties in comparison to uncompatibilized blends. The presence of EAA compatibiliser had positive effect on thermal stability of LDPE/LBG blends. The presence of LBG in blends with LDPE positively impacted the biodegradation of blends.

**Mariana Varečková**

*Vedúci DP:* Ing. Dana Čižmárová, VÚTCH – Chemitex, spol. s.r.o. Žilina

*Konzultant DP:* Doc. Ing. Iva Sroková, CSc.

*Recenzent:* Ing. Ľudmila Balogová, VÚTCH – Chemitex, spol. s.r.o. Žilina

### ŠTÚDIUM VPLYVU MODIFIKOVANÉHO PP VLÁKNA NA ZMENU TRANSPORTNÝCH

### VLASTNOSTÍ VO VYBRANÝCH KONŠTRUKCIÁCH PLETENÍN

Diplomová práca bola zameraná na transportné vlastnosti modifikovaných PP vlákien. Experimentálna časť obsahuje charakteristiku vzoriek, použité skúšobné metódy na hodnotenie transportných vlastností PP vlákna. Pre hodnotenie transportných vlastností boli použité PP vlákna štandardné, PP vlákna s obsahom modifikátora v rôznych koncentráciách pre zlepšenie transportných vlastností, PP vlákna štandardné a s obsahom modifikátora frikčne tvarované. Na základe stanovenia savosti voči vode, priepustnosti vzduchu, odolnosti proti vodným parám, paropriepustnosti a priepustnosti tepla boli jednotlivé PP vlákna porovnávané z hľadiska zlepšenia transportných vlastností.

### STUDY OF THE INFLUENCE OF MODIFIED PP FIBRE ON THE CHANGE OF THE TRANSPORT PROPERTIES IN SELECTED CONSTRUCTIONS OF KNITTED FABRICS

The thesis was focused on the transport properties of modified PP fibres. The experimental part involves characteristic of samples and testing methods used for evaluation of transport properties of PP fibres. Fibres used for evaluation of transport properties included: standard PP fibres, PP fibres containing a modifier in various concentrations for improvement of transport properties, frictionally textured standard fibres and frictionally textured fibres containing a modifier. Based on the determination of water sorption, air permeability, water vapour resistance, water vapour permeability and heat permeability, individual PP fibres were compared from a viewpoint of transport properties improvement.

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

The journal „Vlákna a textil“ (Fibres and Textiles) is the scientific and professional journal with a view to technology of fibres and textiles, with emphasis to chemical and natural fibres, processes of fibre spinning, finishing and dyeing, to fibrous and textile engineering and oriented polymer films. The original contributions and works of background researches, new physical-analytical methods and papers concerning the development of fibres, textiles and the marketing of these materials as well as review papers will be published in the journal.

### Manuscript

The original research papers are required to be written in English language (maximum 10 type-written pages) with summary (abstract – maximum 10 lines). Main results and conclusion of contribution from Slovak and Czech Republic has to be in Slovak or Czech language as well.

The other parts of the journal will be published in Slovak language; the advertisements will be published in a language according to the mutual agreement.

The first page of the manuscript has to contain:

**The title of the article** (Title 16pt bold, capital letters, centered)

The initials of the **first name** (s) and also **surnames** of all authors (12pt normal, centered)

**The complete address** (es) of the working place of the authors, e-mail if it is possible (*12pt italic, centered*)

**Key words** (*11pt italic*)

**Abstract** (11pt normal).

Do not number the pages and do not put any information in Header or Footer. Do not use business letterhead.

**The manuscript** has to be type-written at the size A4 in standard form, 30 lines with 65 beats, at a page in **Arial**.

The total number of figures and tables would have been less than 10. All figures, tables, schemes and photos have to have their own number and title.

**The figures, pictures and tables** would have been numbered by Arabic numerals and titled over the table and beneath the figure or picture.

Photos and schemes have to be sufficiently contrastive and insert in text as pictures.

**Mathematical formulae** should be centered on line and numbered consecutively on the right margin.

**Physical and technical properties** have to be quantified in SI units, names and abbreviations of the chemical materials have to be stated according to the IUPAC standards.

References in the text have to be in square brackets and literature cited at the end of the text has to respect the international conventions.

The manuscript together with the tables and figures are demanded as hard copy.

Authors are kindly requested to deliver the paper to be published by e-mail (in Word form).

Address of the Editor Office: „Vlákna a textil“

Michal Krištofič

FCHPT, STU in Bratislava

Radlinského 9

812 37 Bratislava,

Slovak Republic

e-mail: [marcela.hricova@stuba.sk](mailto:marcela.hricova@stuba.sk)

e-mail: [michal.kristofic@stuba.sk](mailto:michal.kristofic@stuba.sk)