

Elektrovadošu pavedienu integrēšana adījumā

Natālija Truskovska¹, Ingrīda Šahta², Ilze Baltiņa³, Juris Blūms⁴,¹⁻³ *Rīga Technical University, Institute of Textile Materials Technologies and Design*, ⁴*Rīga Technical University, Institute of Technical Physics*

Kopsavilkums. Rakstā apkopota informācija par adītām elektrovadošām tekstilijām, to izgatavošanā pielietojamiem materiāliem un adīšanas metodēm. Apskatīti elektrovadoši adījumi kā elektriskās ķēdes elementi. Apkopota informācija par adītu elektrovadošo tekstiliju pielietojuma veidiem. Darba ietvaros veikta elektrovadošo adījumu paraugu izgatavošana un testēšana, adījumu vērtēšana no vizuālā un tehniskā izpildījuma aspekta. Rezultātā tā izgatavots plečgērbs ar integrētu rezistīvo sildelementu.

Atslēgasvārdi: Elektrovadoši pavedieni, elektriskā pretestība, rezistīvs sildelements, sensors, adīts sildelements.

I. IEVADS

Tekstilizstrādājumi, kas spēj uztvert apkārtējās vides faktorus un mijiedarboties ar tiem, lai veiktu iepriekš ieprogrammētas funkcijas, tiek saukti par viedtekstilijām. To struktūru veido trīs funkcionālās komponentes: uztveršanas un mērīšanas spēja, aktivizēšanas spēja un intelektiskā (programmēšanas) spēja. Augstāk minētās komponentes tekstilmateriālos iestrādā, lai veidotu elektriski aktīvās zonas jeb elektrovadošos apgabalus drānas struktūrā [7].

Pēdējos gados arvien izplatītāka kļūst dažādu elektronikas sistēmu un to elementu integrēšana tradicionālajās tekstilijās, piešķirot tām papildu funkcijas. Papildu elementu integrēšanupanāk, vadus un pavedienus iešujot, ieaūzot un uzdrukājot polimērmateriālus uz drānām[2], kā arī vadus un pavedienus ieadot adījumos. Kā viena no papildu funkcijām ir iespējama sildīšana ar drānā integrētiem elektrovadošajiem vadiem un pavedieniem.

Daudzos šobrīd komerciāli pieejamos sildošos apģērbos lielākoties izmanto neelastīgus sildelementus un/vai vadus, kas ierobežo izstrādājuma lietošanas ērtumu un kopšanu. Pēdējā laikā arvien vairāk pēta, izstrādā, pārbauda un ražo adītus jeb trikotāžas izstrādājumus ar dažādām papildu funkcijām. Arvien lielāku uzmanību pievērš integrējamo elementu izgatavošanai no tekstilmateriāliem, tradicionālos slēdžus aizvietojo ar tekstilslēdžiem, vadus – ar elektrovadošiem pavedieniem.

Adītas drānas ir elastīgas un paredzētas aukstajam gadalaikam, tādēļ tajās, papildus siltuma radīšanai, ieteicams integrēt sildelementus, piemēram, cimdus, zeķes, adīta plečgērba mugurdaļā u.tml. Īpaši aktuāla papildus sildīšana, izmantojot rezistīvu tekstilsildītāju, var būt cilvēkiem ar pastāvīgi salstošām rokām, kā arī tiem, kuriem jāuzturās slikti apkurināmās vai vēsās darba telpās. Lielākoties cilvēkiem ikdienā nav iespējas valkāt cimdus, jo tie traucē darbam, veicot dažādus roku darbus vai darbojoties ar datoru.

II. VĒSAS VIDES IETEKME UZ CILVĒKA KOMFORTU

Ir veikti daudzi pētījumi par karstuma ietekmi uz cilvēka darba spējām, mazāk ir informācijas par vēsas vides ietekmi uz to. Dažos pētījumos minēta aukstuma un karstuma ietekme. To rezultāti norāda uz tendenci darbaspēju samazinājumam ārpus komforta temperatūras intervāla robežām. Apkopojot vairāku pētījumu rezultātus, ir pieņemts, ka komfortabla temperatūra, kas neietekmē darbaspējas ir 21-25 °C [8].

16 grādu (C) temperatūruuzskata par pārāk aukstu vidi sēdoša darba veicējiem, piemēram, biroja darbiniekiem. Aukstuma sajūtas var palielināt muskuļu spriedzi, rokas un pleci saspringst, darba pozu padarot neērtu. Rokas un pirksti aukstumā zaudē siltumu un ātras, vienmērīgas pirkstu kustības kļūst lēnākas un mazāk kontrolējamas [11].

Vēsa vide praktiski neietekmē ķermeņa iekšējo temperatūru. Lielāko diskomfortu vēsa vide rada sievietēm, jo samazinās roku ādas virsmas temperatūra. Sievietēm ādas temperatūrai ekstremitātēs ir būtiska ietekme uz visa ķermeņa siltuma sajūtu [9].

III. ELEKTROVADOŠI ADĪJUMI

Elektrovadošos pavedienus un vadus integrē gan garenadījumā, gan šķērsadījumā. Adītās drānās, kā elektrovadošus materiālus izmanto:

- vadus un stieples,
- mazelastīgus pavedienus,
- elastīgus pavedienus.

Elastīgu elektrovadošo pavedienu vienkāršākais integrēšanas veids ir ieadīšana adījuma pamata struktūrā paralēli adīšanas virzienam [5]. Rupjas stieples adījumā var negatīvi ietekmēt drānas īpašības, tādēļ bieži tās pievieno adījumiem, neizmantojot ieadīšanu struktūrā. Lokanas un smalkas stieples ieadā adījumā, ja tās negatīvi neietekmē drānas struktūras veidošanos. Savukārt adījumi, kas veidoti no vadiem, nav pietiekami lokani un elastīgi, lai tos efektīvi pielietotu apģērbu vai medicīnisko ierīču izgatavošanā [6].

Metāla, metāla daļiņas, ogeķļa daļiņas un elektrovadošus polimērus saturošus filamentus izmanto multifilamentāru pavedienu iegūšanai. Savukārt šo filamentu štāpeļšķiedras pielieto dzijas izgatavošanai. Dziju var izgatavot tikai no elektrovadošā filamenta štāpeļšķiedrām, jaucot tās ar klasiskām štāpekļšķiedrām (vilnas, poliamīda, poliestera u.c.). Dziju vai multifilamentāros pavedienus šķeterē. Sašķeterēto vairākus elektrovadošos pavedienus, iegūst divkārt-, trīskārt- utt. šķeterētus pavedienus. Sašķeterē arī elektrovadošus pavedienus ar klasiskiem pavedieniem. Tāpat pavedienusstiegro, elektrovadošo pavedienuaptinot ap elastīgu

izolējošu pavedienu vai arī klasisko pavedienuaptinot ar metāla pavedienu. Kombinējot pavedienu iegūšanas metodes, iespējams iegūt dažādas vadītspējas elektrovadošos pavedienus [4].

Elektrovadošām adītām tekstilijām maksimāli jā saglabā trikotāžai raksturīgās īpašības. Tieši tādēļ adījumos lielākoties integrē elektrovadošos pavedienus. Elektrovadošiem pavedieniem atšķirībā no vadiem un stieplēm, kopārsvarā iestrādā austajās tekstilijās, jāsniedz ne tikai papildu funkcijas apģērbam, bet arī jānodrošina komforta sajūta tās valkātājam. Izstrādājumam jābūt gaisa caurlaidīgam, ērtam kustoties un jā saglabā izstrādājuma forma eksploataācijas laikā.

Neatkarīgi no elektrovadošo pavedienu integrēšanas veida, elektrovadošās joslas vai laukumus jā izolē, lai izvairītos no īssavienojuma riska. Adījumam jā saglabā savas pamatīpašības, tādēļ adījumu izolēšanai parasti izmanto pamatadījumu vai citu drānu kārtas, kā arī daudzkārtu adījumus, lai izvairītos no elektrovadošo apgabalu saskaršanās.

A. Elektrovadoši adījumi kā elektriskās ķēdes elementi

Elektrovadošus adījumus pēc to funkcijām tekstilijā var iedalīt sekojoši:

- *Elektriskās ķēdes elementu savienotājs*

Elektrovadošos pavedienus adījumos izmanto kā elektriskās ķēdes elementu savienotājus jeb strāvas vadītājus. Salīdzinot ar vadiem, tie ir lokanāki, smalkāki un ir praktiski nemanāmi adījuma struktūrā.

- *Sensors*

Jeb elektriskais devējs. Mērpārveidotājs, kas tieši uztver mērījamo lielumu un pārveido to elektriskā signālā. Izmantojot adīšanas paņēmieni, iespējams izgatavot stiepes, spiedes, mitruma un fizioloģisko procesu uzraudzībai paredzētus sensorus.

- *Rezistīvs sildelements*

No fizikas viedokļa rezistīvs ir tāds elements, kuram piemīt aktīva pretestība. Savienojot rezistīvos elementus ar strāvas vadītājiem un strāvas avotu, var nodrošināt siltuma izdalīšanās procesu. Ar papildus iestrādātiem sensoriem var panākt temperatūras regulēšanas iespēju.

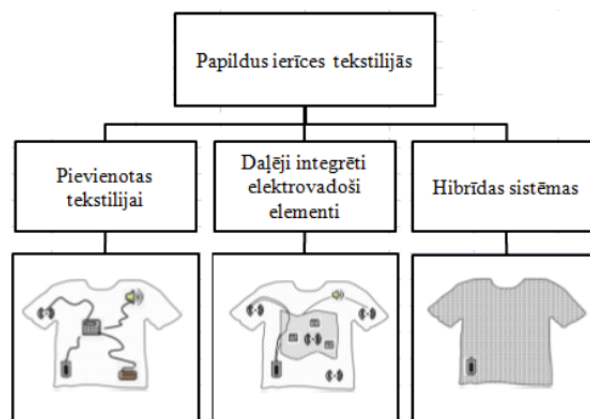
- *Gaismas avots*

Ieadot elektroluminiscējošupavedienu, iegūst adījumu, kuru pieslēdzot elektriskajai ķēdei, tas izstaro gaismu. Mainot strāvas stiprumu, iespējams mainīt adījuma izstarotās gaismas spilgtumu [12]. Tā kā optiskās šķiedras nav lokanas un pavediens neiekļaujas drānas struktūrā, padarot to cietu un neelastīgu, pagaidām tās nepielieto adītās valkājāmās tekstilijās. Iespējams, ka tuvā nākotnē arī elektroluminiscējošie pavedieni, līdzīgi elektrovadošajiem pavedieniem, būs pietiekami smalki un lokani, lai tos kvalitatīvi ieadītu drānas struktūrā.

B. Elektrovadošu adījumu pielietojuma veidi

Elektroierīces var vienkārši pievienot tekstilijām vai integrēt tajās, kā arī tekstilijas pašas var būt spējīgas reaģēt uz iepriekš ieprogrammētām darbībām (1.att)[14].

Pievienošana tekstilizstrādājumam ir vienkāršākais elektroierīču iestrādes veids, piemēram, starp adījuma kārtām vai kabatā gan adījuma izgatavošanas procesā, gan jau gatavā izstrādājumā. Tās var būt ierīces mūzikas atskaņošanai, sildoši elementi, gaismas elementi utt. Bieži vien ierīces un to elementi padara izstrādājumus ne visai ērtus lietošanā, jo ir pielietoti vadi, kontaktslēdži. Parasti šīs grupas tekstilijas darbina, izmantojot baterijas vai pievienojot ar USB savienojumu pie datora vai kontaktligzdas.



1.att. Papildierīces tekstilijās [3].

Otras grupas izstrādājumus elementi daļēji iekļauti drānas struktūrā. Piemēram, vadi aizvietoti ar elektrovadošiem pavedieniem, tradicionālie slēdži ar spiedpogām vai tekstilslēdžiem. Adītās struktūrās elektrovadošos pavedienus var ieadīt, austajās drānās - ieaust, šūtajos izstrādājumos - iešūt.

Jutīgās, interaktīvās tekstilijās papildu ierīces un to elementi ir iekļauti struktūrā. Tekstilijās var iestrādāt sensorus, kas reaģē uz ārējiem stimuliem - skaņu, fizikālām, fizioloģiskām, ārējās vides u.c. pārmaiņām. Tās var būt darbināmas no attāluma, un elektroniskie elementi šādos izstrādājumos ir diezgan mazi un varbūt praktiski nemanāmi. Inovācija šajā jomā ir elektrisko ierīču iekapsulēšana pavedienu struktūrā. Tehnoloģiju izstrādājis Mančesteras Universitātes zinātnieks Dr. Tilaks Diass (Tilak Dias) un tā vēl tiek pētīta [12].

Elektrovadošus adījumus pēc to pielietojuma veida var iedalīt šādi:

- *Tehniskās tekstilijas*

Adītās tehniskās tekstilijas izmanto filtru izgatavošanā, mašīnbūvē, ķīmijas industrijā, sadzīves tehnikas ražošanā. Šādām tekstilijām piemīt augsta mehāniskā, ķīmiskā, karstuma un nodiluma izturība. Tās ir skaņu izolējošas un elektrovadošas.

Medicīnā elektrovadošas tekstilijas izmanto, lai ar sensoru palīdzību kontrolētu fizioloģiskas izmaiņas cilvēka organismā. Ar šādām ierīcēm var kontrolēt ķermeņa temperatūru, asinsspiedienu, elpošanu, ķermeņa stāvokli un pacienta atrašanās vietu.

Invalīdu aprūpei ir izveidots jauns ratiņkrēslu spilvens, kurā integrēti spiediena sensori, tie var signalizēt par nepareizu cilvēka pozīciju ratiņkrēslā [13].

Medicīnā izmantojamas inovatīvās tekstilijas lielākoties ir zinātnisko projektu līmenī un ļauj prognozēt, ka tuvā nākotnē šīs tekstilijas izmantosarvien vairāk. To izmantošana palīdzēs uzlabot medicīnas aprūpes kvalitāti.

Sportam paredzētās tekstilijas izmanto elpošanas un pulsa kontrolēšanai sportisku aktivitāšu laikā.

o Sadzīves tekstilijas

No elektrovadošajām tekstilijām tirgū visvairāk ir pieejamas tieši sadzīves tekstilijas – apģērbi, aksesuāri un mājas tekstilijas.

Vienkāršākais veids, kā papildus ierīces iestrādā apģērbos un aksesuāros, ir ievietošana izstrādājumā, piemēram, mūzikas atskaņotājs cepurē. Skaļruni ievieto izstrādājumā, bet ierīcī pievieno ar kontaktspraudni. Cimdi skārienjutīgu ierīču vadīšanai pēdējos gados ir aktuāls aksesuārs visiem viedtālrunu lietotājiem. Cimdā pirkstgalos ir ieadīti elektrovadoši pavedieni, kas arī aukstā laikā ļauj strādāt ar skārienjutīgajām ierīcēm.

Elektrovadošas adītas tekstilijas visvairāk izmanto papildu siltuma radīšanai. Komerciāli pieejamos cimdos, zeķēs un getrās ievietotie sildošie elementi darbināmi no USB savienojuma ar datoru vai pārnēsājamām baterijām. Sildošie elementi var būt arī pilnīgi iestrādāti tekstilijā un vizuāli praktiski nemanāmi.

WarmX zīmola adītu sildošo izstrādājumu uzbūves un darbības princips patentēts 2006. gadā. Lai izstrādājums pildītu sildīšanas funkciju, nepieciešams iegādāties kompakto barošanas kontrolieri. Tā ir sava veida izgudrojuma aizsardzība, jo bez šīs ierīces izstrādājums nedarbosies. Ierīcī kontrolē ar integrēta mikroprocesora palīdzību, tai ir aizsardzības mehānismi pret pārkaršanu un īssavienojumiem, un trīs sildīšanas līmeņi. Darbības laiks līdz pat sešām stundām. Pieejami divi lādētāju veidi – uzlādēšanai automašīnā un uzlādēšanai mājas apstākļos caur kontaktlīdzi.

Mājsaimniecības tekstilijās sildošie elementi ir iestrādāti pārsvarā gultas piederumos: spilvenos, segās, pakļajos un matračos.

IV. ELEKTROVADOŠU ADĪJUMU FIZIKĀLO ĪPAŠĪBU

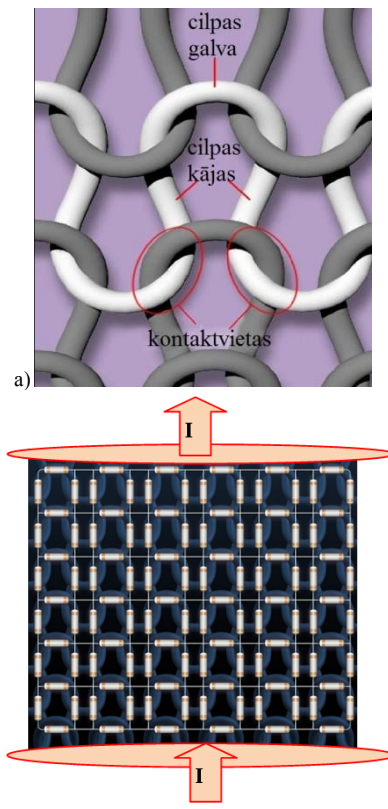
NOTEIKŠANAS METODES

Cilpa ir adījumu veidojošs pamatelements. Vesela cilpa izveidojas, kad paralēli ir noadītas trīs cilpu rindas. Cilpas kontakta mehānisms ir visai sarežģīts un līdz galam vēl nav izpētīts.

Vienkārša ekvivalenta cilpas shēma izveidota Mančesteras Universitātē (Lielbritānija) veiktajā pētījumā. Tika pieņemts, ka cilpu veidošanai tiek izmantots nestiepjams un nesaspiežams elektrovadošs pavediens (idealizēts pavediens), cilpa sakļaujas ar blakus esošajām elektrovadošo pavedienu

cilpu rindām četrās kontaktvietās (2.att.a). Šīs pavedienu krustojšanās vietas tiek uzskatītas par elektriskās ķēdes kontakta pretestības punktiem, bet posmi starp krustpunktiem par posma pretestību jeb rezistoru. Līdz ar to vairākas adījuma rindas, izejot no iepriekš aprakstītās cilpas ekvivalentās shēmas teorijas, veido rezistoru tīklu (3.att.b) [7].

No fizikas teorijas izriet, ka elektriskās ķēdes elementiem, kuriem piemīt pretestība, cauri elementam plūstot strāvai, enerģija izdalās siltuma veidā [1]. Sildošo tekstiliju izgatavošanā, tieši temperatūra ir svarīgs un reāli izmērāms lielums, un ir atkarīgs no pieliktā sprieguma un elementa pretestības.

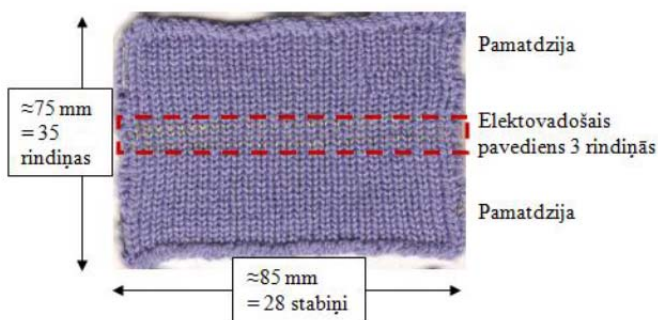


2.att. a) Cilpas ekvivalentā shēma; b) Elektrovadošo pavedienu rezistīvais tīkls [7].

Tā kā adījums ir elastīgs un pakļauts stiepei, tad ir jāizpēta, kā mainās ieadītu sildelementu elektriskie parametri stiepes laikā, jo tie var ietekmēt izdalītās temperatūras vienmērīgumu. Otrkārt, nepieciešams veikt piemērotāko pavedienu atlasīšanu nodrošināšanai.

A. Pretestības izmaiņu noteikšana slodzes ietekmē

Lai salīdzinātu elektrovadošo pavedienu pretestības izmaiņas slodzes ietekmē, ir veikts drānu pagarināmības noteikšanas tests šķērsadījuma paraugiem ar ieadītām elektrovadošo pavedienu joslām. Eksperimentā izmantoti 7 dažādi pavedieni (1.tab.).



3.att. Paraugs pretestības noteikšanas testam.

Ekspērimētā iepriekš sagatavoti 85 x 75 mm lieli gludā pinuma šķērsadījuma paraugi ar ieadītu ~1m garu elektrovadošo pavedienu(3.att.). Elektrovadošā zona izadīta gan ar pamatdziju (75% vilna/25% poliamīds), gan bez tās. Pretestības izmaiņu noteikšanai ir izmantots multimetrs, bet parauga izstiepšanai iekārta drānu pagarināmības noteikšanai.

1. TABULA

EKSPERIMENTĀ IZMANTOJAMIE PAVEDIENI

Nr.p.k	Nosaukums	Lineārais blīvums tex	Šķiedrmateriāls	Apstrādes veids	Pavediena struktūra
1.	ELITEX 110 dtex/f 34 x 2 PA+Ag	11	poliamīds	sudraba pārklājums	divkārtīgs, šķeterēts multifilamentārs pavediens
2.	ELITEX HE 234/34 PA+Ag	23,4	poliamīds	sudraba pārklājums	Stiegrots mazgrodots multifilamentārs (34 filamenti) pavediens
3.	STATEX 235/34x4 PA+Ag	23,5	poliamīds	sudraba pārklājums	četrkārtīgs, šķeterēts multifilamentārs pavediens
4.	TERMOTECH 5000 SS	500	nerūsējošais tērauds	-	mazgrodots multifilamentārs pavediens
5.	ELITEX 110 dtex/f 34 PA+Ag	11	poliamīds	sudraba pārklājums	mazgrodots multifilamentārs (34 filamenti) pavediens
6.	TERMOTECH 2400 SS	240	nerūsējošais tērauds	-	divkārtīgs, šķeterēts multifilamentārs pavediens
7.	Nm 10/3	33,3	poliesters ar tērauda štāpeļšķiedru piejaukumu	-	3-kārtīga dzija ar tērauda štāpeļšķiedrām

Testa mērķis ir noskaidrot, kā mainās paraugā ieadīta elektrovadošā pavediena elektriskā pretestība (Ω) pirms slodzes un slodzes pielikšanas brīdī, pakāpeniski to palielinot par 100 g, līdz slodze sasniedz 1000 g. Pretestības izmaiņu faktiskās vērtības pirms slodzes un slodzes pielikšanas brīdī apkopotas 2.tabulā.

2. TABULA

PAVEDIENU ELEKTRISKĀS PRETESTĪBAS ATKARĪBA NO PIELIKTĀS SLODZES, Ω

atsvara masa, g	ELITEX 110 dtex/f 34 x 2 PA+Ag + pamatdzija	ELITEX 110 dtex/f 34 x 2 PA+Ag	STATEX 235/34x4 PA+Ag + pamatdzija	STATEX 235/34x4 PA+Ag	TERMOTECH 2400 SS + pamatdzija	TERMOTECH 2400 SS	ELITEX 110 dtex/f 34 PA+Ag + pamatdzija	ELITEX 110 dtex/f 34 PA+Ag	ELITEX HE 234/34 PA+Ag	Nm 10/3
0	6,4	10,5	4,4	1,5	2,4	2,5	3,7	3,2	2,6	326,0
100	6,4	10,4	4,5	2,7	2,9	2,6	3,7	3,1	2,7	730,0
200	6,3	9,2	4,8	2,9	2,9	2,6	3,6	2,5	2,9	478,0
300	6,2	8,7	5,0	2,6	2,8	2,6	3,7	2,2	2,9	305,0
400	5,9	7,5	6,0	2,8	2,9	2,6	3,3	2,1	2,9	300,0
500	5,8	6,5	6,0	2,0	2,9	2,6	3,3	1,9	2,9	335,0

600	5,8	4,8	5,3	2,3	2,9	2,6	3,2	1,7	2,9	105,0
700	5,6	4,7	6,8	1,9	2,9	2,5	3,1	1,7	2,8	91,0
800	5,6	4,7	6,5	1,9	2,9	2,6	3,1	1,6	3,0	84,0
900	5,6	4,4	6,5	2,8	2,9	2,6	3,1	1,6	3,1	60,0
1000	5,5	4,4	6,3	2,7	2,9	2,6	3,1	1,6	2,9	53,5

Lai objektīvāk spriestu par pretestības izmaiņām pirms slodzes un slodzes pielikšanas brīdī, faktiskās pretestības izmaiņas pārveidotas relatīvajās un attēlotas 4. attēlā. Ekspērimētā noskaidrots, ka adījumam no poliamīda un tērauda šķiedru dzijas slodzes ietekmē strauji samazinās pretestība. Tas nozīmē, ka dziju ir piemērotāk izmantot stiepes sensoru izgatavošanai. Pavediena STATEX 235/f34x4 pretestība mainās nevienmērīgi.

Zemākās relatīvās pretestības izmaiņas novērotas ieadītiem poliamīda pavedieniem ar sudraba pārklājumu - ELITEX 110dtex/f34 x 2 + pamatdzija (-14%), ELITEX 110dtex/f34 + pamatdzija (-16%), tērauda multifilamentārajam pavedienam TERMOTECH 2400 SS - 4%, kā arī ELITEX HE 234/34 + stiegrotam ar elastīgu pavedienu (+11%).

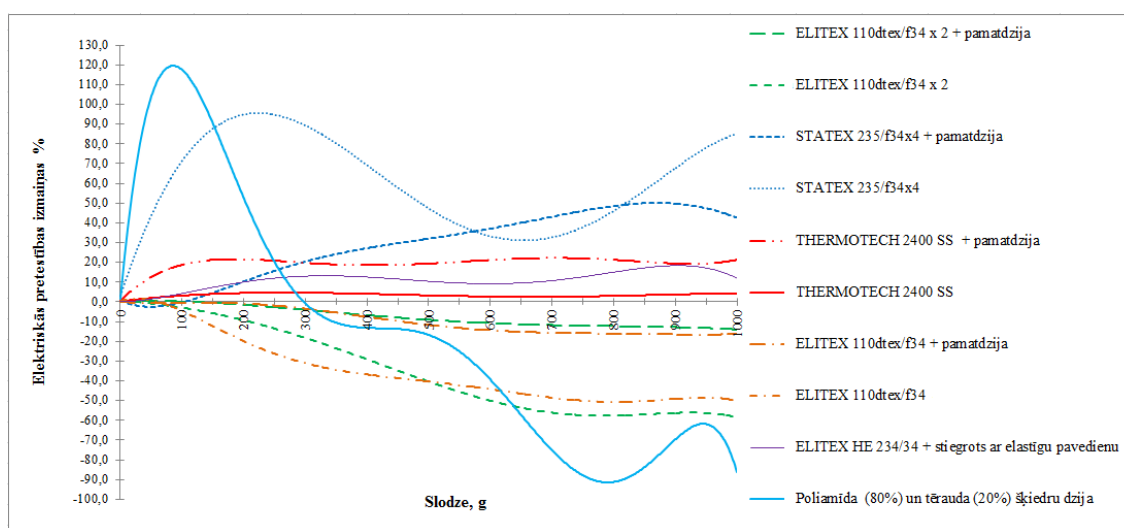
Pretestības palielināšanās, paraugu stiepjot, iespējams, skaidrojama tādējādi, kabrivā, neizstieptā stāvoklī adījuma cilpas saskarās un, pievienojot spriegumu, strāva plūst pa īsāko ceļu. Paraugu stiepjot, cilpas attālinās viena no otras, līdz ar to strāva plūst pa visu pavediena garumu. Palielinoties garumam, pa kuru jāplūst strāvai, arī pretestība šajā posmā palielinās.

Pretestības samazināšanās paraugos ar ieadītu pamatdziju, iespējams, skaidrojama šādi – brīvā stāvoklī pavedienu cilpas adījumā vietām nesakļaujas, bet stiepjot tās sakļaujas un strāva tajās plūst pa īsāko ceļu.

Salīdzinot darba ietvaros iegūtos rezultātus ar publicētajiem pētījumiem, šo pašu pavedienu pārbaudes rezultātiem [10], secināts, ka ieadīta 1 m gara elektrovadošā pavediena pretestība samazinās pat vairākkārt, salīdzinot ar tikpat garu ieadītu pavedienu apmēram 1,5 x 8,5 cm lielā laukumā (skat. 3. tab.). Proti 1m garš pavediens ieadīts 3 rindās veido ap 9 cm garu strāvas plūsmas ceļu, un tas ir 10 reizes īsāks par neieadīta pavediena garumu.

3. TABULA
PAVEDIENU PRETESTĪBAS SALĪDZINOŠĀ TABULA, Ω

Nosaukums	1 m gara pavediena pretestība (Ω)	~1 m gara ieadīta pavediena pretestība (Ω)
ELITEX 110 dtex/f 34 x 2 PA+Ag	40,7	10,5
ELITEX HE 234/34 PA+Ag	26,9	3,2
STATEX 235/34x4 PA+Ag	40,3	1,5
ELITEX 110 dtex/f 34 PA+Ag	34,1	2,1
TERMOTECH 2400 SS	28,0	2,5

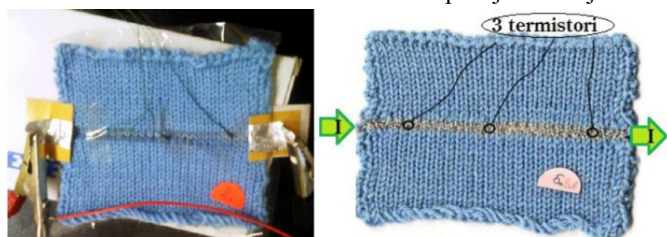


4.att. Elektriskās pretestības izmaiņas slodzes laikā.

Pēc pirmā eksperimenta no 7 pavedienu veidiem atlasīti 5 pavedienu veidi. Paraugi izgatavoti gan ar, gan bez pamatdzijas elektrovadošajā laukumā, kā arī izmantojot trīskārtīgu elektrovadošo pavedienu. Turpmākiem eksperimentiem neizmanto 3-kārtīgu dziju ar tērauda štāpeļšķiedrām, jo rezistīvā apgabala pretestība slodzes ietekmē samazinās vairāk nekā par 80% un TERMOTECH 5000 SS pavedienu, jo tas nav pietiekami lokans, aprūtinā adīšanas procesu un rezultātā deformē arī adījuma struktūru.

B. Temperatūras mērījumi strāvas plūšanas laikā I

Eksperimenta mērķis ir izpētīt iepriekšējos eksperimentos atlasīto pavedienu uzsilšanas kinētiku, vienmērīgumu, kā arī novērtēt to vizuālo izskatu un tehnisko izpildījumu adījumā.

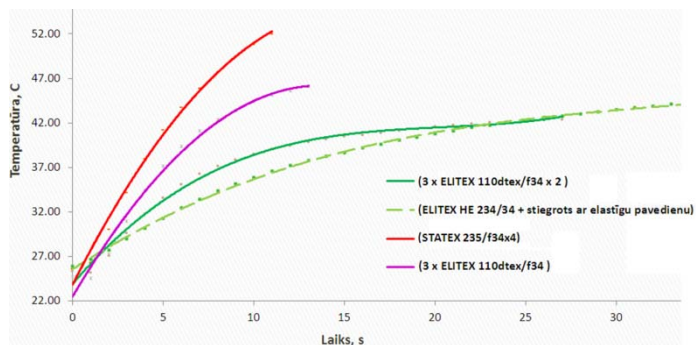


5.att. Paraugs ar pievienotiem termistoriem temperatūras mērījumu eksperimentam.

Eksperimentam izmantojami iepriekšējā eksperimenta paraugi. Katram paraugam pielikti 3 termistori paraugu virsmas temperatūras mērīšanai un pievienots strāvas avots. Elektrovadošā zona izadīta, gan izmantojot elektrovadošos pavedienus kopā ar pamatdziju, gan bez tās, lai novērtētu iespējamo pamatdzijas ietekmi uz paraugu uzsilšanu. Uzstādīts konstants spriegums $\approx 3,95$ V.

Atkarībā no pavediena pretestības – katrā paraugā izdalās atšķirīga jauda. Tie paraugi, kuros izdalās neliela jauda, silst lēnāk un kādā brīdī temperatūras kāpums apstājas, bet tie, kam jaudaielāka, uzsilst ātri un uzsilšana turpinātos, ja palielinātu spriegumu (6.att.). No fizikas viedokļa rezistīvs elements (piemīt aktīva pretestība) visu jaudu izkliedē siltumā. Izvēloties katram pavedienam atbilstošu spriegumu, iespējams regulēt gan uzsilšanas temperatūru, gan uzsilšanas laiku. Tāpēc paraugi jāvērtē pēc vizuālā izskata un tehniskā izpildījuma, kā arī pēc tā, kuri vienmērīgāk silst un vienmērīgāk izdala siltumu.

Paraugi vērtēti pēc 3 kritērijiem – vizuālais izskats, tehniskais izpildījums, adījuma blīvums un biežums. Pēc kritērijiem izvērtētie paraugi iedalīti 4 grupās. 1. grupā ietilpst pavedieni, kas vērtējami pozitīvi gan vizuālā, gan tehniskā izpildījuma un parauga piemērota biezuma dēļ. Straujāk uzsilst tie paraugi, kuru elektrovadošajā apgabalā nav ieadīta pamatdzija, to pretestība ir mazāka.

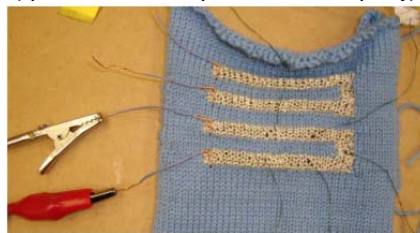


6.att. Atlasīto paraugu uzsilšanas diagramma.

Eksperimenta laikā vienmērīgāk siltumu izstaro paraugi: ELITEX HE 234/34 PA+Ag un STATEX 235/34x4 PA+Ag.

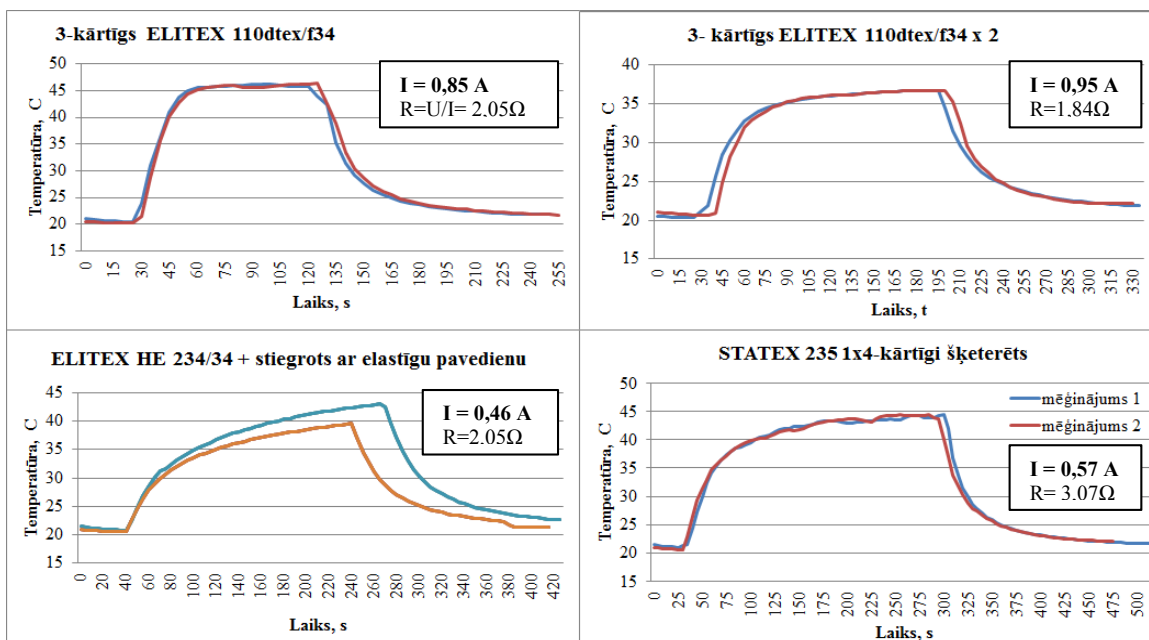
C. Temperatūras mērījumi strāvas plūšanas laikāII

Eksperimenta mērķis ir noskaidrot uzsilšanas temperatūru un tās vienmērīgumu adījumiem ar elektrovadošiem pavedieniem, pievadot strāvu pie konstanta sprieguma.



7.att. Paraugi ar figurālā laukumā ieadītu elektrovadošo pavedienu.

Eksperimentā izmantoti šķērsadījuma paraugi ar figurālā laukumā ieadītiem elektrovadošiem pavedieniem (7. att), 5 termistori un strāvas avots. Elektrovadošā zona izadīta bez pamatdzijas. Uzstādīts konstants spriegums 1,75 V.



8.att. Siltuma mērījumi figurāli adītām joslām.

Katram pavediena veidam adījumā ir maksimāli sasniedzamā temperatūra, kas izdalās pie konstanta sprieguma. Līknes parāda, ka temperatūra pieaug un „piesātinās”, t.i., sasniedzot maksimālo vērtību, vairs neturpina pieaugt. Viens no skaidrojumiem meklējams metālu vadītspējas elementārā teorijā. Palielinoties temperatūrai, palielinās arī jonu un elektronu sadursmes, kas rada berzi, palielinot vadītāja pretestību [1]. Tātad, palielinoties elementa pretestībai pie nemainīga sprieguma, temperatūra nepaaugstinās, jo nepalielinās strāvas stiprums, kas darbinātu ķēdi. Otrs iemesls temperatūras piesātinājumam ir tas, ka, paaugstinoties temperatūrai, apkārtējai videi atdotais siltuma daudzums arī pieaug. Pie nemainīgas temperatūras no strāvas saņemtais siltuma daudzums ir vienāds ar atdoto apkārtējai videi.

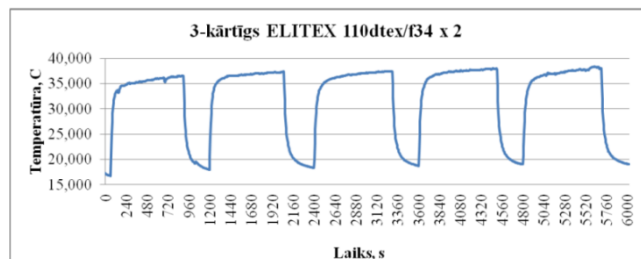
3-kārtīgo ELITEX pavedienu adīto joslu uzsilšanas laiks un temperatūra abos mēģinājumos ir diezgan līdzīga, ko nevar teikt par pārējiem diviem pavedienu veidiem. Pavisam

atšķirīgi rezultāti novērojami divos mēģinājumos ar ELITEX HE 234/34 + stiegroto pavedienu. Elastīgā pavedienu adījums, visticamāk nav vienmērīgs. Temperatūras mērījumi paraugam ar ieadītu STATEX 235 1x4-kārtīgu šķeterētu pavedienu, uzsilšanas laikā ir svārstīgi. Tas nozīmē, ka temperatūra pieaug nevienmērīgi. Rezultātus var ietekmēt tas, ka paraugi ir adīti ar rokas adāmmašīnu un pavedienu nospriegojums adīšanas procesā nav vienmērīgs (pavedienu tiek padots manuāli). Turpmākajam eksperimentam un adījuma izstrādāšanai izmantoti tikai 3-kārtīgi ELITEX 110 dtex/f 34 x 2 PA+Ag pavedieni.

D. Cikliskā sildīšana un dzesēšana

Testa mērķis noskaidrot, kā mainās maksimālās sasniedzamā temperatūra un kā temperatūra piesātinās. Eksperimenta laiks 1h 40 min. Šajā laikā veikti 5 sildīšanas un dzesēšanas cikli. Sildīšana veikta 15 minūtes, bet dzesēšana - 5 minūtes. Eksperimenta laikā paraugam pielikts 2 V liels spriegums.

Sildot un dzesējot paraugu vairākas reizes, būtiskas izmaiņas nav novērotas (9.att.). Pēc 5 cikliem temperatūra paaugstinās par nepilniem 2 grādiem (~ 5%). Maks. temperatūra 1. ciklā sasniedz 36,5 °C, bet pēdējā 38,3 °C. Sildot paraugu 15 minūtes, var novērot, ka temperatūra lēnām pieaug un piesātinoties, tā nenozīmīgi svārstās.

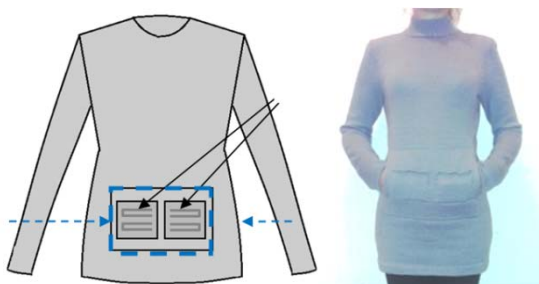


9.att. Cikliskās sildīšanas un dzesēšanas eksperimenta diagramma.

Eksperimenta rezultāti liecina, ka sildošais elements sildīšanas funkcijas veiks bez būtiskām temperatūras izmaiņām laika gaitā.

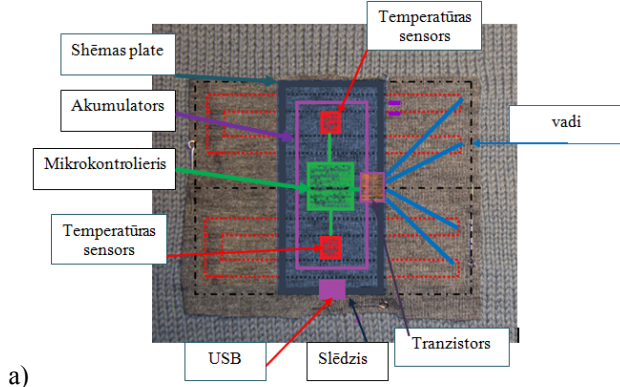
Izstrādājuma izgatavošanai ir izmantots 3-kārtīgs ELITEX 110 dtex/f 34 x 2 PA+Ag. leadot šo pavedienu 3 kārtās, tiek iegūts diezgan vienmērīgs, vizuāli pievilcīgs un tehniski izpildāms adījums ar samērā vienmērīgu uzsildīšanas raksturu.

IZSTRĀDĀJUMA IZGATAVOŠANA

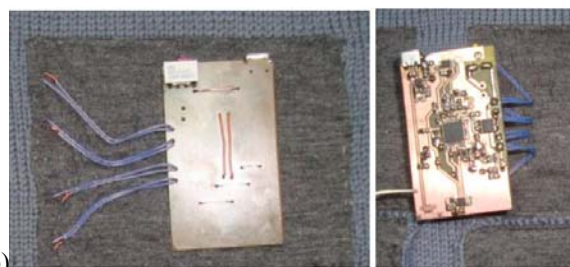


10.att. Izstrādājuma skice un prototips.

Atbilstoši sildošo joslu izmēriem izgatavota mikroskāma un novietoti temperatūras sensori (11.att.). Sildošās joslas no iekšpuses un ārpusi izolētas ar plānas viskozes/elastāna trikotāžas drānas slāni. No iekšpuses tas pasargā rokas, bet no virspuses atdala ķēdes elementus no sildošā elementa. Izolējošais slānis piešūts pie kabatas pamata ar rokām ķēžu dūrienā pa ārmaļu un pa vidu starp sildošajām joslām.



a)



b)

11.att. Elektriskās ķēdes elementu izvietojums sildošajā kabatā un gatavā shēmas plate uz izolētā sildošā apgabala.

Uz shēmas plates uzmontēti ķēdes elektroniskie elementi. Barošanas avots - atkārtoti uzlādējams akumulators ar USB kontaktspraudni. Ar vadu palīdzību, kas piestiprināti katra sildelementa galos un izvērti cauri izolējošās drānas kārtai, sildelementi savienoti ar tranzistoru un mikrokontrolieri. Ar sensoru palīdzību uztvertos temperatūras svārstību signālus nosūta uz mikrokontrolieri. Ar to apstrādātos signālus pārveido un nodod strāvas svārstību pārveidotājam tranzistoram. Tādējādi tiek kontrolēta jauda, kas darbina elektrisko ķēdi. Tas nodrošina sildelementa izdalītās temperatūras stabilitāti, neatkarīgi no apkārtējās vides temperatūras vai pretestības svārstībām, kas var rasties gan ārējās vides temperatūras ietekmē, gan izstrādājuma valkāšanas laikā stiepes rezultātā. Shēmas platei ar elektroniku un akumulatoru jābūt izņemamai no kabatiņām, lai izstrādājums būtu mazgājams. Turpmākajā darbā šo trūkumu vajadzētu novērst.

SECINĀJUMI

Elektrovadošus adījumus tirgū visplašāk pārstāv sildošie izstrādājumi. Ne mazāk aktuāli ir sporta apģērbi ar integrētiem sensoriem. Zinātnisko pētījumu un projektu ietvaros radītie elektrovadošie izstrādājumi, iespējams, drīz ieņems svarīgu vietu arī medicīnas aprūpē, jo tie ir elastīgi, gaisa caurlaidīgi un ir pierādījuši savu efektivitāti veiktajos izmēģinājumos. Tie ļaus novērot pacientu veselību, nekavējoties reaģējot uz iestrādāto sensoru sūtītajiem signāliem, un aizvietot neērtās medicīnas ierīces ar adītām tekstilijām.

Zemākās relatīvās pretestības izmaiņas novērotas ieadītiem poliamīda pavedieniem ar sudraba pārklājumu ELITEX 110dtex/f34 x 2 (14%) un stiegotiem ar elastīgu pavedienu ELITEX HE 234/34 (11%), kā arī tērauda multifilamentāriem pavedieniem THERMOTECH 2400 SS (4%). Ņemot vērā veiktās pavedienu atlases rezultātus pēc šādiem kritērijiem: vizuālais izskats, tehniskais izpildījums un adījuma biežums, turpmākiem eksperimentiem nav izmantota 3-kārtīga dzija ar tērauda štapeļšķiedrām, jo rezistīvā apgabala pretestība slodzes ietekmē strauji samazinās un THERMOTECH 5000 SS, jo pavediens nav pietiekami lokans, apgrūtina adīšanas procesu un rezultātā deformē arī adījuma struktūru.

Atlasīto paraugu temperatūras mērījumi parāda, ka katram pavediena veidam adījumā ir maksimāli sasniedzamā temperatūra, kas izdalās pie konstanta sprieguma. Izvēloties atbilstošu spriegumu, iespējams regulēt gan adījuma uzsildīšanas temperatūru, gan uzsildīšanas laiku.

Sildelements no 3-kārtīgā ELITEX 110dtex/f34 x 2 pavediena, sildīšanas funkciju veic bez būtiskām temperatūras izmaiņām laika gaitā, jo, sildot un dzesējot to piecas reizes, izmaiņas netiek novērotas.

Izstrādātā prototipa joslās izadītais sildelements ir elastīgs un iekļauts drānas izveidotajā struktūrā. Rezistīvais sildelements veic sildīšanas funkciju, bet iestrādātie sensori pasargā sildelementu no pārkaršanas. Prototipa turpmākai uzlabošanai jāpiemeklē pēc iespējas mazāks akumulators, kā arī slēdzis jāaizvieto ar tekstilslēdzi.

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Valters, A., Apinis, A., Ogrīš, M. u.c. Fizika: Mācību grāmata augstskolu tehnisko specialitāšu studentiem. Rīga: Zvaigzne, 1992.
2. Horrocks, A. R., Anand, S. C. *Handbook of Technical Textiles*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2000. – 95 p.
3. Tao X. *Smart fibres, fabrics and clothing*. Cambridge: WOODHEAD PUBLISHING LIMITED, 2000 – 2-3 p.
4. Tao X. *Wearable Electronics and photonics*. Hong Kong: The Hong Kong Polytechnic University, 2005 – 205 p.
5. Lee Sandbach D., Burkitt J., Walkington, S.M., Crispin, P.G. “Knitted sensor,” United States Patent Application Publication – 2008.- Nr US 7377133
6. Oghushi, K., Hijiri, M., Kitazawa, Z. “Fibrous heating element,” United States Patent Application Publication. – 1991.- Nr. US 4983814
7. Dias, T., Hurley, W., Monaragala, R., Wijeyesiriwardana, R. “Development of Electrically Active Textiles,” *Advances in Science and Technology*. - September, 2008.-. Volume 60. - 74-84 pp.
8. Kirilovs, E., Emsiņš, J. „Gaisa temperatūras ietekme uz darba produktivitāti birojā,” RTU zinātniskie raksti. 9. sēr., *Materiālzinātne*. - 5. sēj. ,201.-, 88.-93. lpp.
9. Schellen, L., Loomans, M.G.L.C., de Wit, M.H., Olesen, B.W., van Marken Lichtenbelt, W.D. “The influence of local effects on thermal sensation under non-uniform environmental conditions — Gender differences in thermophysiology, thermal comfort and productivity during convective and radiant cooling.” *Physiology & Behavior*. - 10 September 2012. - Volume 107, Issue 2. - 252-261 p.
10. Šahta, I., Baltiņa, I., Leitane, S., Pūce, M. “Elektrovadoši tekstilpavedieni,” RTU zinātniskie raksti. 9. sēr., *Materiālzinātne*. - 6. sēj. (2011), 115.-122. lpp.
11. Sheffield Occupational Health Advisory Service (SOHAS). “Cold work. Working to Prevent and Alleviate the Effects of Work on Health,” SOHAS, 2007. – 3 p.
12. Dr. Dias, T. Smart Textiles – Adding Value to Sri Lankan Textiles The Electronic Textiles Option - <http://www.slideshare.net/SLINTEC/smart-textiles-adding-value-to-sri-lankan-textiles-the-electronic-textiles-option-handout>
13. Lying and Sitting More Comfortably [tiešsaite] - <http://www.swisstextilecollege.ch/research-development/textile-signals-international/sit.html>
14. Smart Textile [tiešsaite] - <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/4/335/smart-textile4.asp>



Natalija Truskovska, Mg.sc.ing., student 2011- Bachelor's Degree, 2013 - Master's Degree in Material Science, Riga Technical University, Riga. Title of the thesis “Electro-conductive Yarn Integration into Knitwear”
Work experience: aclothing construckor at “Vaide” (since 2011)
Research area: Conductive Yarn Integration into Knitwear
Address: Riga Technical University, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Azenes Str. 18, Riga, LV-1048, Latvia
E-mail: natalija.truskovska@rtu.lv



Ingrida Shahta, Mg.sc.ing., Doctoral Degree student, 1996 - Bachelor's Degree in pedagogy, Home Economics and Design teacher's qualification, Latvia University of Agriculture, Jelgava. Work experience: teacher at Valdemarpils Secondary School (1996 – 2008). 2007 - Bachelor's Degree and - 2009 - Master's Degree in material science, Riga Technical University, Riga. Title of the thesis “Smart Clothe with Integrated Microclimate Control System”. Since 2008 - assistant in scientific work at Riga Technical University Institute of Textile Materials Technologies and Design. Research area – electronics' integration in the smart textiles.
Address: Riga Technical University, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Azenes Str. 18, Riga, LV-1048, Latvia
E-mail: ingrida.sahta@rtu.lv



Ilze Baltina, Riga Technical University, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Dr.Sc.ing., 1995. Fields of study: weaving technology, fabric design, properties and quality of textile fibres, yarns and fabrics. Associate Professor and leading researcher at Riga Technical University, Department of Clothing and Textile Technologies. Scientific work related to the research of different fiber materials, especially to bast fibre materials, wearable electronics, innovative and technical textiles and their production technologies.
Address: Riga Technical University, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Azenes Str. 18 - 223, Riga, LV-1048, Latvia.
E-mail: ilze.baltina@rtu.lv, phone: +371 67089822



Juris Blums, Dr. phys., as. Professor, Riga Technical University, Institute of Technical Physics, 1992, University of Latvia higher education in Physics, 1997, University of Latvia - Dr.phys. in Solid State Physics. The topics of the research are the creation of wearable and portable energy harvesters into the apparel integrated electronic systems, laser and solids interaction, physics education research.

He was a researcher at Tallinn Technical University (Estonia, 2000-2001) and University of Essen (Germany, 2001-2003). Now Juris Blums works as Associative Professor (since 2004) at the Institute of Technical Physics of Riga Technical University and a senior researcher at the Institute of Textile Materials Technology and Design at Riga Technical University. He is a Member of Latvian Union of Scientists, Society of Physicists and European Optical Society. He was awarded “Scientist of 2007” at Riga Technical University.
Address: Riga Technical University, Institute of Technical Physics, 14/24 – 322 Azenes Street, Riga, LV-1048, Latvia.
E-mail: blum@latnet.lv

Natalija Truskovska, Ingrida Shahta, Ilze Baltina, Juris Blums. Electro-conductive Yarn Integration into Knitwear

The article summarizes the information about knitted conductive textiles and also materials and methods used in their production. The functions of conductive knits in the electrical circuit are discussed. The uses of the knitwear are gathered. Conductive knitwear in the market is mostly represented by heating products, however, the sportswear with integrated sensors are common as well. Predictions say that in the future conductive products which are generated by scientific research and projects might play an important role in medical care, due to their useful features as flexibility and breathability. Due to the immediate response to the signal sent by integrated sensors, these products will allow to observe patients' health condition and replace the uncomfortable medical devices with knitted textiles.

During this study the samples were knitted and tested, as well as evaluated from the perspective of visual and technical aspects. Most suitable for the task of keeping the electrical parameters (resistance) during tensile are silver plated polyamide yarn, polyamide reinforced with elastic thread, steel multifilament. As a result, it was ascertained that the samples without basic yarn heat up more rapidly. During the experiment it was noticed that heat radiates more evenly from the samples with 3-ply yarns ELITEX 110 dtex/f 34 PA+Ag, ELITEX 110 dtex/f 34 x 2 PA+Ag. The heating temperature at constant voltage (1,75 V), reaches about 36 °C and 47 °C degrees.

As a result of this study, a pullover with integrated resistive heating element of 3-ply thread ELITEX 110 dtex / f 34 PA + Ag was produced. Due to the 3 layers yarn, the knitting is smooth, visually attractive and technically feasible with a fairly uniform character of heating. The obtained element keeps textile elastic, it is acting as a heater and the integrated sensors prevent the element from overheating.

Наталья Трусковска, Ингрида Шахта, Илзе Балтыня, Юрис Влумс. Интегрирование электропроводящих нитей в вязаные изделия

В статье обобщена информация о вязаных электропроводящих изделиях и о методах и материалах, применяемых в их изготовлении. Приведен обзор функций вязаных нитей в электрической цепи. Обобщены способы применения готовых вязаных изделий. На рынке вязаной электропроводящей одежды, наиболее широко представлены обогревающие изделия. Также не менее актуальна и спортивная одежда с интегрированными датчиками. В рамках научных исследований и проектов созданные электропроводящие изделия, возможно, в скором времени будут иметь важную роль в медицине, так как они эластичны, воздухопроницаемы и доказали свою эффективность в проведенных испытаниях. Они позволяют контролировать здоровье, и предпринимать незамедлительные действия при получении сигнала датчиков.

В рамках данного исследования были связаны образцы и проведено их тестирование, оценен внешний вид и технические характеристики. Наиболее полно отвечающие задаче сохранения электрических параметров (сопротивления) при растяжении, являются полиамидные нити с серебряным покрытием, армированные эластичной нитью и стальные мультифиламентные нити. Однако последние не подходят для вязки, так как не обладают достаточной гибкостью, усложняют процесс вязания и в результате искажают структуру создаваемого полотна. Установлено, что быстрее нагреваются образцы, в проводящей области которых не вязана основная пряжа. В экспериментах определено, что более равномерно тепло излучают образцы с использованием 3-кратных нитей ELITEX 110 dtex/f 34 PA+Ag, ELITEX 110 dtex/f 34 x 2 PA+Ag. Температура нагрева при постоянном напряжении (1,75 V), достигает около 36 °C и 47 °C градусов соответственно.

В результате изготовлен пуловер с интегрированными резистивными обогревательными элементами используя 3-кратную нить ELITEX 110 dtex/f 34 PA+Ag. Нить в три слоя позволяет создать достаточно равномерную, визуально привлекательную и технически осуществимую вязаную структуру с довольно равномерным характером нагрева. Полученный элемент сохраняет эластичность текстильного изделия, выполняет функцию обогревателя, а датчики позволяют предотвратить перегрев элемента.