

# Elektrovadošas sistēmas integrēšana termoregulējošā apģērbā

Ingrīda Šahta <sup>1</sup>, Vilnis Jurkāns <sup>2</sup>, Ilze Baltiņa <sup>3</sup>, Juris Blūms <sup>4</sup>, <sup>1-4</sup> *Rīgas Tehniskā universitāte*

**Kopsavilkums.** Viedapģerbu ar integrētu elektronisku vai elektrisku sistēmu izgatavošanā galveno problemātiku rada elektronikas elementu pielāgošana ievietošanai apģērbā un iestrādāšana drānas struktūrā. Izšķir vairākas metodes, ar kuru palīdzību iespējams ievietot apģērbā vai tā drānas struktūrā elektriskos/elektroniskos elementus: tos pielāgojot ievietošanai apģērbā ar apģērbu tehnoloģiju palīdzību; integrējot drānas struktūrā; integrējot drānā šķiedru līmenī.

Termoregulējoša viedapģērba izgatavošanai izmantota gan elektrovadošo elementu ievietošanas metode ar apģērbu tehnoloģijas palīdzību, gan arī integrēšana drānas struktūrā. Līdz šim nav aizvietots Peltjē elementus un vara foliju ar drānas struktūrai atbilstošiem materiāliem, kas reizē spētu arī nodrošināt kvalitatīvu mikroklimata regulēšanu paaugstinātas temperatūras apstākļos. Drānas struktūrā ar šūšanas tehnoloģijas palīdzību integrēta elektriskās ķēdes daļa, kas nodrošina komunikācijas paneļa darbību, jo šeit jaudas ir nelielas, atbilstošas elektrovadošo pavedienu izturībai.

**Atslēgas vārdi:** viedapģērbs, viedtekstilija, termoregulējošs apģērbs, elektrovadoši pavedieni, Peltjē elements.

## I.IEVADS

Apģērbi ar integrētām elektriskām un elektroniskām sistēmām, dēvēti arī par viedapģērbiem, šobrīd pārstāv vienas no aktuālākajām tehnoloģiju attīstības tendencēm tekstila nozarē. Tomēr tikai nedaudz šādu izstrādājumu ir pieejami tirgū. Lielākā daļa inovatīvo tekstiliju vēl ir tikai pētījumu stadijā, jo elektronikas un drānas savienošana un piemērošana valkāšanas kvalitātes un apģērba kopšanas prasībām ir problemātiska. Tāpat arī tirgū plašāk pārstāvēti ir viedapģērbi, kas veic specifiskas funkcijas, piemēram, silda, dzesē ar elektrisku elementu palīdzību, komunicē ar mobilā telefona vai globālās pozicionēšanas sistēmas starpniecību, bet elektronikas elementi un elektriskās sistēmas drānā nav integrētas.

Pētījuma ietvaros izstrādātais termoregulējošais viedapģērbs ar integrētu elektrovadošo sistēmu veic dzesējošo funkciju apstākļos, kad cilvēka ķermenim pašam kontrolēt pārkaršanas risku varētu kļūt apgrūtināši (ģērba koncepcija un sistēmas darbības un mikroklimata modelējošo eksperimentu analīze ir publicēta iepriekš [1]).

Mikroklimatu regulējošajā sistēmā kā dzesējošā ierīce izmantots Peltjē elements jeb termobaterija, kas rada temperatūras starpību starp elementa pretējām virsmām, kad tam cauri plūst strāva. Lai no elementa karstās virsmas aizvadītu lieko siltumu, tam ir pievienota vara folija. Tomēr

šāda elektrovadošas sistēmas detaļa ir pietiekami liela un bieza un noklāj ievērojamu ģērba laukumu, kas savukārt var ietekmēt tādas tekstila īpašības kā lokanība, elastība, gaisa un tvaiku caurlaidība. Šī un citu elektrovadošas sistēmas elementu integrēšana vai ievietošana apģērbā ir svarīgākais šī pētījuma problēmjautājums.

## II.ELEKTROVADOŠU ELEMENTU APĢĒRBĀ INTEGRĒŠANAS METODES

Literatūrā tiek izšķirtas vairākas elektronikas elementu integrēšanas pakāpes apģērbā, kuras nosaka integrēšanai paredzēto elementu atbilstība drānas struktūrai un tradicionālām drānas īpašībām, kā, piemēram, elastība, lokanība, gaisa un ūdens tvaiku caurlaidība u.tml. Kopumā var nodalīt [2]:

- adaptācija (ar nozīmi – elektronikas elements ir pielāgots ievietošanai un pievienošanai tekstilizstrādājumam ar apģērbu tehnoloģiju palīdzību) – elektroniskie elementi tiek ievietoti kabatās, šūtos tuneļos u.tml.; tie ir pievienojami un noņemami ar pogu, spiedpogu un savienojošu kontaktu palīdzību;
- integrācija (elektronikas elementi ir ievietoti drānas struktūrā) – sistēmas komponentes ir cieši savienotas ar drānu, attiecīgi, tajā iestrādātas, kā, piemēram, tekstilmateriāla spiedslēdži un ieausti elektriskās ķēdes celiņi vai drānai uzdrukātas elektrovadošās joslas;
- kombinācija (drāna ir elektronisks elements) – integrācija šķiedru/pavedienu līmenī: šķiedras, pavedieni vai drānas struktūra veido elektroniskas komponentes, piemēram, tekstilmateriāla bateriju vai trīsdimensionālas drānas termobateriju [3] (Peltjē elementu).

Komerčiāli iegādājamos viedapģērbos lielākoties ir izmantota adaptācija vai adaptācijas metode apvienota ar integrācijas metodi. Uzskatāms piemērs adaptācijas un integrācijas apvienošanai ir 1. attēlā redzamais termoregulējošais WarmX apģērbs ar sildošām zonām cilvēka kāju pēdu virspusē un vidukļa apvidū, kur adītajiem sildelementiem izmantoti pavedieni, kuru sastāvā savukārt ir sudrabs, bet mikroprocesors, kas kontrolē un apgādā ar enerģiju sistēmu, ir ievietojams kabatiņā zeķbikšu augšdaļā un krekla sāndaļā. [4]



1. att. Apģērbs ar integrētu un adaptētu elektrovadošo sistēmu; ievietošanai apģērbā piemērotais sildelements [4]

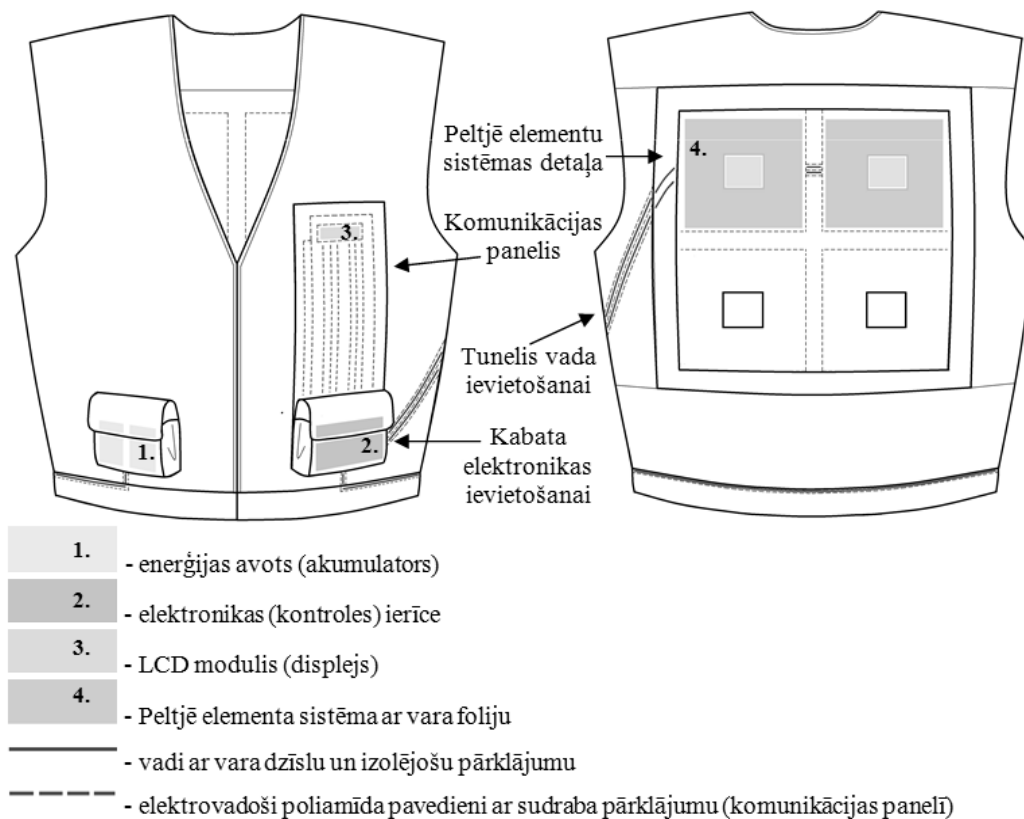
Katrai no integrēšanas metodēm ir savi pozitīvie un savi negatīvie faktori. Apģērba valkātāja komfortam atbilstošāka ir integrācijas metode, jo tās rezultātā tiek izmantoti vieglāki un elastīgāki elektronikas elementi, atbilstoši tekstilmateriāla struktūrai, tomēr jābūt jāņem vērā, ka elementus nav iespējams nomainīt, tos ir grūtāk labot nekā apģērbā ievietojamus elektronikas elementus, elektronikas komponentiem jābūt mazgājamiem un pasargātiem no mitruma iedarbības

valkāšanas procesā, tāpat arī drānā integrēta elektronika sarežģīt vai pat padara neiespējamu reciklēšanu pēc ekspluatācijas un rada papildus dabas piesārņojumu, arī ražošanas izmaksas drānā integrētai elektronikai ir augstākas nekā apģērbā ievietojamai (apģērbs un elektronika tiek izgatavoti atsevišķi, savukārt apģērbā integrētai elektronikai ir nepieciešamas jaunas, specifiskas tehnoloģijas un iekārtas). [2], [5], [6]

### III. TERMOREGULĒJOŠA VIEDAPĢĒRBA KONCEPCIJA

Mikroklimatu regulējoša viedapģērba prototipa uzdevums ir pildīt dzesējošās sistēmas nesēja/turētāja funkciju. Par piemērotu ģērba šādām uzdevumam ir uzskatāma veste – tās forma nodrošina gan dzesējošo elementu konfigurāciju atbilstošā ķermeņa rajonā, gan arī vienkāršu tekstiltehnoloģiju izpildījumu modelī (apģērba ar integrētu elektrovadošu mikroklimata kontroles sistēmu kopskats parādīts 2. attēla shēmā un 3. attēlā).

Sistēmas galvenās sastāvdaļas ir Peltjē elementi ar vara folijas „radiatoru”, kurus plānots ievietot vestes mugurdaļai pievienojamā apģērba detaļā; komunikācijas panelis ar LCD monitoru un sistēmas komutācijas slēdzītiem, novietots vestes kreisās puspriekšdaļas iesānā; sistēmas kontroles elements un akumulators, kurus ērti ievietot kabatās; elektriskās ķēdes elementus savienojoshi vadi, kurus plānots ievietot apģērbā izveidotos tuneļos, tos izvietojot atbilstošās ģērba vietās.



2. att. Sistēmai izmantoto elementu izvietouma shēma apģērbā



3. att. Vestes prototipa/maketa kopskats un ģērbā integrētās sistēmas darbības pārbaude

#### IV. ELEMENTU INTEGRĒŠANA

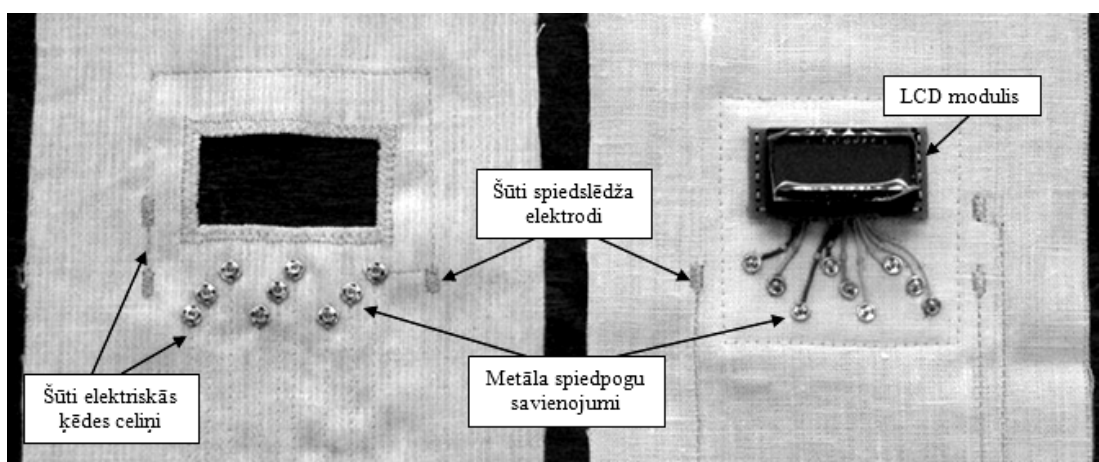
##### A. Komunikācijas panelis

Komunikācijas panelis ir pievienots vestes kreisās puspriekšdaļas iesānam (skat. 3. att.), lejasdaļā to uzšujot iesāna detaļai, savukārt augšdaļā tas ir ģērbam piestiprināts ar līpslēdža aizdarsloksni, kas nodrošina ērtu un ātru paneļa atvietošanu no vestes ar tā valkātāja kreiso roku un komutācijas slēdžu nospiešanu ar labo roku.

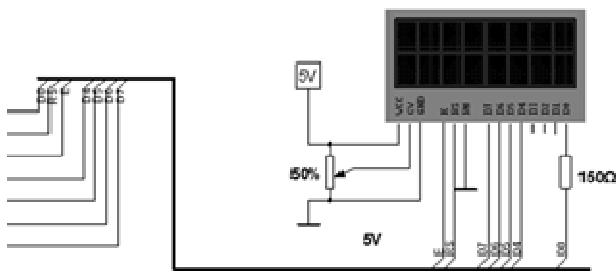
Elementu integrēšana komunikācijas panelī (skat. 4. att.):

- displejs piešūts ar roku dūrieniem paneļa apakšējai kārtai, paneļa virskārtā izveidota displejam atbilstoša lieluma, ar šūšanas tehnoloģiju palīdzību apstrādāta atvere;

- metāla spiedpogas bez pārklājuma kalpo vadu un elektrovadošo pavedienu savienošanai (pavedieni savukārt nodrošina paneļa lokanību un atbilstību apģērba kopšanas un valkāšanas ērtībām);
- elektrovadošie pavedieni (šķeterēts multifilamentārs poliamīda pavediens ar sudraba pārklājumu, Elitex 110dtex/34x2) veido elektriskās ķēdes celiņus, kas izpildīti ar šujmašīnas taisnā slēgdūriena šuvi;
- šuvju stiprināšanai un aizsardzībai pret novalkāšanu, panelis dublēts ar līmdrānu;
- spiedslēdžu kontaktelektrodi izšūti ar elektrovadošu pavedienu, to atdalīšanai izmantots elastīgs trīsdimensionāls materiāls ar cilindriskas formas atveri ( $\varnothing$  3 mm), kas, slēdzi saspiežot, ļauj saskarties izšūtajiem kontaktelektrodiem (skat. 8. att.).

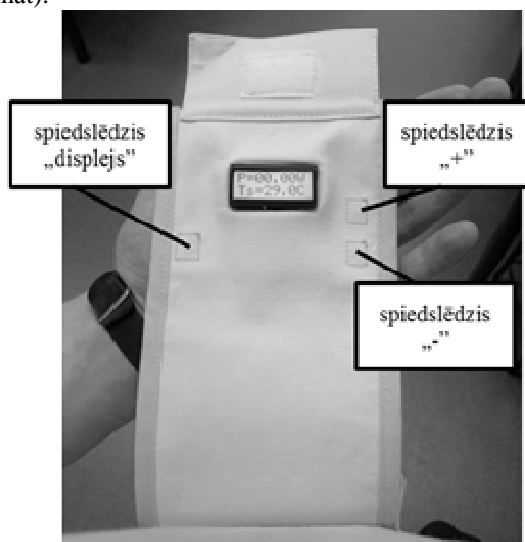


4. att. Komunikācijas panelī integrētie elementi



5. att. Elektriskās ķēdes un LCD moduļa slēguma shēma vestes komunikācijas panelim

Komunikācijas paneļa elektriskās ķēdes slēguma shēma skatāma 5. attēlā. Shēmā redzams displejs, elektrovadošo celiņu izvietojums un svarīgākie parametri (spriegums un pretestība). Komunikācijai ar lietotāju izmantots šķidro kristālu displejs, bet parametru ievade tiek nodrošināta ar tekstilmateriālā integrētiem spiedslēdžiem. Ar kreisajā pusē novietotajiem spiedslēdžiem ir paredzēts pārslēgt displejā novērojamos parametrus (jaudu, temperatūru), bet ar labajā pusē esošajiem - mainīt iestatīto temperatūras sliekšni, pie kādas sistēma sāk dzesēšanu (skat. 6. att. „-” samazināt, „+” palielināt).



6. att. Komunikācijas panelis

**B. Elektrovadoši pavedieni un spiedslēdži**

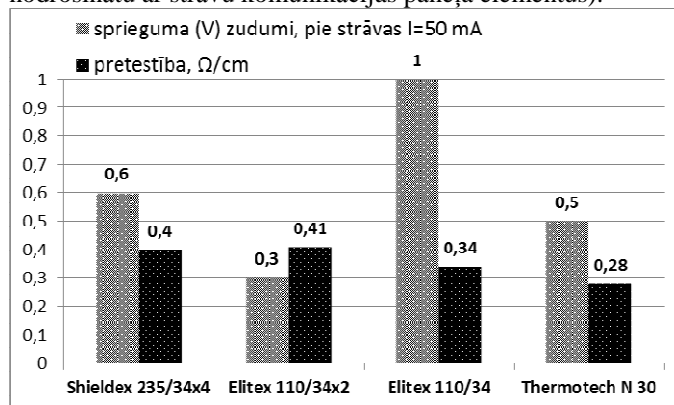
Elektrisko kontaktu starp komunikācijas paneļa elementiem un kontroles sistēmu (ievietota kabatā) nodrošina elektrovadošie pavedieni Elitex 110 dtex/34 x 2, kas izmantoti arī spiedslēdžu izgatavošanai.

Elektrotehnikā jauda tiek izteikta, kā elementam pievadītās strāvas un sprieguma reizinājums (1).

$$P = I * U \tag{1}$$

Komunikācijas paneļa elementi tērē nelielu jaudu, tādēļ to savienošanai ir piemēroti elektrovadošie pavedieni, tomēr, lai atrastu piemērotāko pavedienu veidu no pieejamajiem, tiek veikti eksperimenti sprieguma zuduma uz pavedieniem

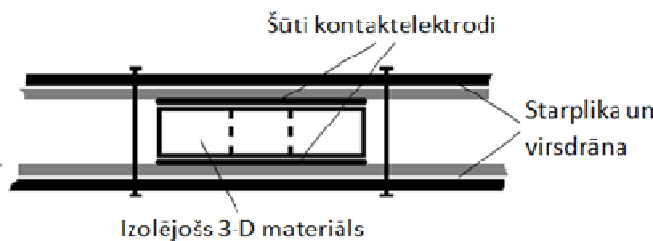
noteikšanai pie 50 mA lielas strāvas (kas ir pietiekami, lai nodrošinātu ar strāvu komunikācijas paneļa elementus).



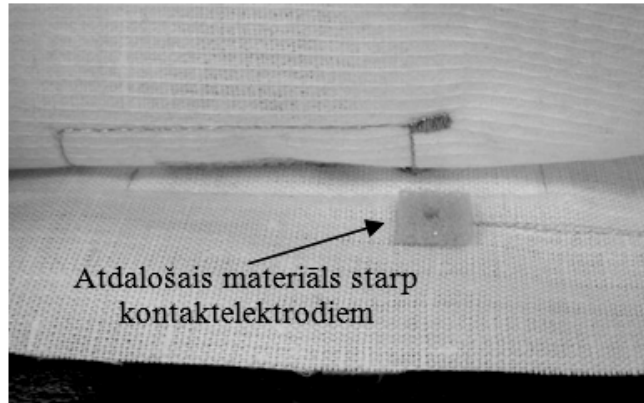
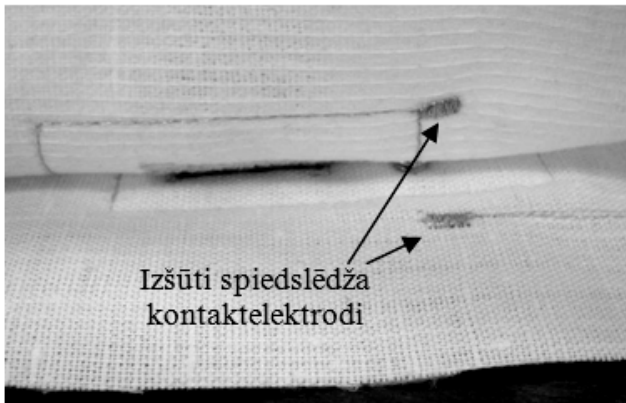
7. att. Sprieguma zudumi uz pavedieniem pie 50 mA lielas strāvas

Eksperimentiem izmantoti 20 cm gari četru veidu elektrovadošie pavedieni ar salīdzinoši zemu elektrisko pretestību: ar sudrabu pārklāti šķeterēti poliamīda multifilamentārie Shieldex 235 dtex/34x2, Elitex 110/34x2 un nešķeterētais Elitex 110dtex/34 pavediens, un tērauda multifilamentārais pavediens Thermotech N30. Pie 50 mA lielas strāvas tiek noteikts sprieguma kritums uz pavediena: viszemākos sprieguma zudumus uzrāda ar sudrabu pārklātais poliamīda Elitex 110/34x2 pavediens, šim pavedienam gan ir nedaudz lielāka elektriskā pretestība kā pārējiem eksperimentā izmantotajiem pavedieniem, bet atšķirība ir salīdzinoši nenozīmīga. Visaugstākos sprieguma zudumus uzrāda tā paša zīmola ražojums Elitex 110/34. Turpinot novērot pavedienu izturību, tiek pakāpeniski palielināta strāva: pie 600 mA Elitex 110/34 un Shieldex 235/34x2, bet pie 700 mA Elitex 110/34x2 pavedienu garums sāk rukt, turpretim tērauda multifilamentārajam pavedienam Thermotech N30 šāda īpašība nav novērojama; pie 1250 mA Shieldex 235/34x2 uzliesmo, savukārt Elitex 110/34x2 pie 1200 mA pārdeg, bet Elitex 110/34 pārdeg jau pie 600 mA, Thermotech N30 sasniedz sarkankvēli pie 2000 mA, bet nepārdeg un turpina vadīt strāvu. Visizturīgākais ir tērauda multifilamentārais pavediens, tomēr tam ir lielāki sprieguma zudumi (kas ir neekonomiski, jo jauda nelietderīgi tiek izdalīta pavedienā siltuma veidā) nekā ar sudrabu pārklātajam poliamīda Elitex 110/34x2 pavedienam. Tādēļ par piemērotu komunikācijas paneļa elektriskās ķēdes celiņu izgatavošanai atzīts Elitex 110/34x2 pavediens. Šis pavediens ir izmantots arī spiedslēdžu elektrodu izgatavošanai.

Drānā integrētā spiedslēdža shematiskais attēlojums parādīts 8. attēlā, savukārt integrēšanas process, savienojot komunikācijas paneļa kārtas – 9. attēlā.



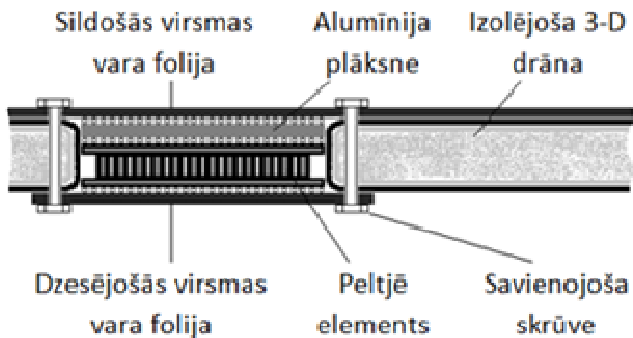
8. att. Drānā integrēta spiedslēdža shēma



9. att. Spiedslēdža integrēšana, savienojot paneļa apakšējo- un virskārtu

### C. Peltjē elementa sistēma

Termoregulējošo elementu sistēmu (skat. 10. att.) veido Peltjē elements jeb termobaterija, kam ar elektrovadošu līmi piestiprināta alumīnija plāksne. Alumīnijam piemīt ļoti liela siltumietilpība, tādēļ plāksnes uzdevums ir savākt pēc iespējas vairāk siltuma, ko ir radījusi Peltjē elementa sildošā virsma. Vara folijas, kas ar elektrovadošo līmi ir piestiprinātas alumīnija plāksnei, uzdevums ir lieko siltumu izkliedēt pa savu virsmu un aizvadīt prom, jo varam piemīt augsta siltumvadītspēja. Neliela vara folija ir pielīmēta arī elementa aukstajai virsmai gan dzesējošā laukuma palielināšanai, gan arī, lai nodrošinātu iespēju nostiprināt Peltjē elementa sistēmu tekstilijā. Siltumu aizvadošās vara folijas izolēšanai no ķermeņa lietots trīsdimensionāls tekstilmateriāls, kas pārklāts ar virsdrānu.



10. att. Peltjē elementa sistēmas shēma

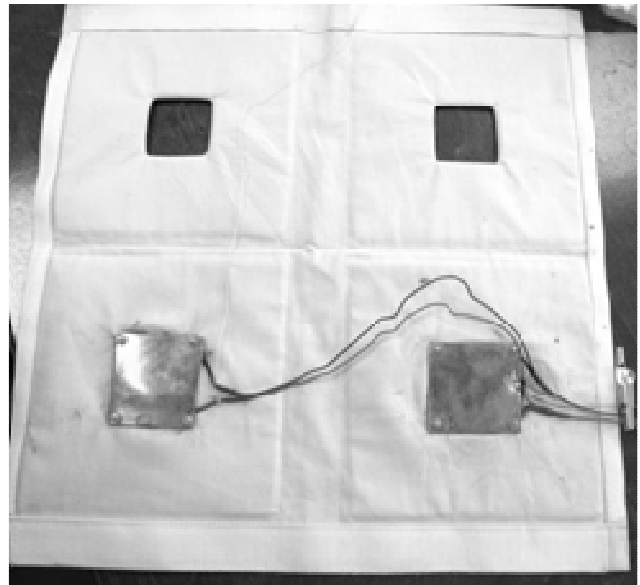
Peltjē elementu sistēma ievietota apģērbā mugurdaļai pievienojamā un noņemamā detaļā (skat. 11. att.)

Apģērbam pievienojama mugurdaļas detaļa ar ievietotiem 2 Peltjē elementiem, kuru ārējai virsmai pievienota vara folija siltuma aizvadišanai, izgatavota sekojoši:

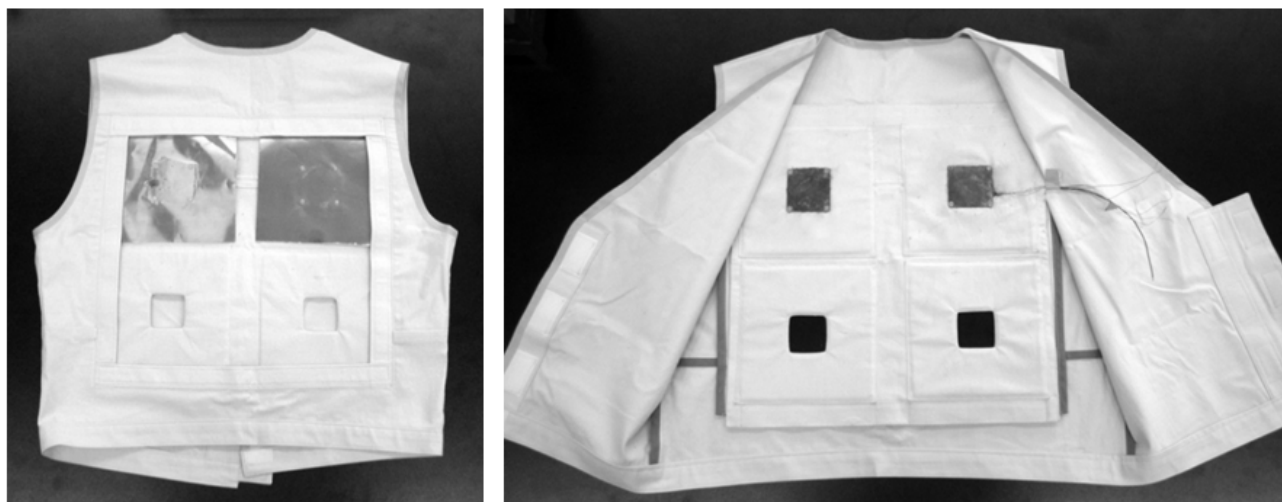
- izolācijai, starp drānas kārtām ievietots 4 mm biezs (15x15 cm lielas) poliuretāna putuplasts (var tikt izmantota arī elastīga trīsdimensionāla drāna);
- detaļā izveidotas četras 40 x 40 mm lielas atveres, paredzētas Peltjē elementu ievietošanai;
- detaļas malās uzšūtas līpākīšu aizdares sloksnes pievienošanai pie vestes mugurdaļas;
- vadi piešūti ar roku dūrieniem, bet vadus apģērba virspusē pārklāj vara folijas (15x15 cm).

Detaļa izgatavota tā, lai Peltjē elementu skaitu, respektīvi, mikroklimate regulēšanas efektivitāti būtu iespējams variēt: četras atveres nodrošina 2-4 Peltjē elementu ievietošanu.

Apģērbā ievietotas Peltjē elementu sistēmas kopskats vērojams 12. attēlā.



11. att. Apģērbam pievienojama un noņemama detaļa ar ievietotiem Peltjē elementiem



12. att. Peltjē elementu sistēmas detaļa, ievietota apģērbā

#### D.Vadi

Sistēmas efektīvas darbības nodrošināšanai ir nepieciešama lielāka jauda kā komunikācijas panelī, tādēļ Peltjē elementu sistēma un kontroles bloks savienots ar izolētu vadu.

Vadu ievietošanai apģērbā izveidoti drānas sloksnīšu tuneļi, kas uzšūti vestes pamata detaļām ģērba iekšpusē (skat. 13. att., vadu virzieni tuneļos norādīti ar baltu raustītu svītru), savukārt vads, kurš savieno sistēmas kontroles iekārtu vestes kreisās puspriekšdaļas iesāna kabatā ar enerģijas avotu vestes labās puspriekšdaļas iesāna kabatā, ievietots tuneļī, ko veido piejosta.



13. att. Vadu novietojuma virzieni šūtos tuneļos

#### V.SECINĀJUMI

Elektrovadošā sistēma apģērbā integrēta daļēji, jo nav iespējams aizvietot Peltjē elementus un vara foliju ar drānas struktūrai atbilstošiem materiāliem, kas spētu nodrošināt efektīvu siltuma vadītspēju, reizē nodrošinot arī kvalitatīvu mikroklimata regulēšanu paaugstinātas temperatūras (pārsniedz cilvēka siltuma komforta zonu ārējā vidē) vai/un palielinātas fiziskas slodzes apstākļos. Tāpat arī nav iespējams aizvietot vadus ar drānā integrējamiem elektrovadošiem

pavedieniem, jo sistēmas darbībai nepieciešama lielāka jauda, nekā spēj izturēt elektrovadošie pavedieni (tie pārdeg). Ar šūšanas tehnoloģiju palīdzību drānas struktūrā integrēta elektriskās ķēdes daļa, kas nodrošina komunikācijas paneļa darbību, jo šeit jaudas ir nelielas, atbilstošas elektrovadošo pavedienu izturībai. Ņemot vērā vismazākos sprieguma zudumus, par piemērotāku integrēšanai drānā elektrovadošās sistēmās ar mazu jaudu ir poliamīda pavediens ar sudraba pārklājumu Elitex 110 dtex/34x2.

#### APLIECINĀJUMS

Šī publikācija izstrādāta un sagatavota Eiropas Sociālā fonda līdzfinansēta projekta "Starpnozaru zinātniskās grupas izveidošana viedo tekstiliju jaunu funkcionālo īpašību attīstīšanai un integrēšanai inovatīvos izstrādājumos". Līgums Nr. 2009/0198/1DP/1.1.1.2.0./09/APIA/VIAA/148 ietvaros.



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ



#### LITERATŪRAS SARAKSTS

1. **Sahta I., Baltina I., Blums J.** Development of Microclimate Regulatory Clothes, *Advanced Materials Research*, 2011, vol. 222, 193-196 pp.
2. **Vargas S. C.** *Smart Clothes – Textilien mit Elektronik. Was bietet der Market der intelligenten Bekleidung?* Hamburg: Diplomatica Verlag, 2009. 311 S.
3. *Textiles Kühlen und Wärmen. Konzept eines textilen Peltierelements* [tiešsaiste]. Textile Innovationen. Smart textile [skatīts 13.09.2012.]. Pieejams: <http://www.itp-gmbh.de>
4. *WarmX tights* [tiešsaiste]. WarmX. Warming textiles [skatīts 12.09.2012.]. Pieejams: <http://www.wellness.warmx.de>
5. *Integrierte Produktpolitik am Beispiel der Textilen Kette. Abschlussbericht zum Pilotprojekt.* Stuttgart: Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, 2004, 98 S.
6. **Köhler A. R.** *End-of-life implications of electronic textiles.* – Lund: Lund University, 2008. 89 p.

**Ingrida Shahta**, Mg.sc.ing., PhD student, 1996 - Bachelor's Degree in pedagogy, Home Economics and Design teacher's qualification, Latvian Agricultural University, Jelgava. Work experience: teacher in Valdemarpiļš Secondary School (1996 – 2008).

2007 - Bachelor's and - 2009 - Master's Degree in material science, Riga Technical University, Riga. Title of thesis „Smart Clothe with Integrated Microclimate Control System”. Since 2008 - assistant in scientific work at Riga Technical University Institute of Textile Material's Technologies and Design. Research area – electronica's integration in the smart textiles.

E-mail: [ingrida.shahta@rtu.lv](mailto:ingrida.shahta@rtu.lv)

**Vilnis Jurkans**, Mg.sc.ing., PhD student, 2012, Riga Technical University, master of engineering science in electronics, Faculty of Electronics and Telecommunications. The topics of research is power management in thermoelectric systems, electronic microclimate control system in clothing. Since 2010 Vilnis Jurkans works as researcher at the Institute of Textile Materials Technology and Design of Riga Technical University.

E-mail: [vilnis.jurkans@rtu.lv](mailto:vilnis.jurkans@rtu.lv)

**Ilze Baltina**, Riga Technical University, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Dr.Sc.Eng., 1995. Fields of study: weaving technology, fabric design, properties and quality of textile fibres, yarns and fabrics.

Associate Professor and leading researcher in 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: Āzenes Str. 14/24 – 265, Riga, Latvia, LV- 1048.

E- mail: [ilze.baltina@rtu.lv](mailto:ilze.baltina@rtu.lv), phone: +371 67089822.

**Juris Blums**, Dr. phys., as. Professor, Riga Technical University, Technical Physics Institute, 1992, Latvia University, higher education in physics, 1997, Latvia University Dr.phys. in solid state physics. The topics of the research is the creation of wearable and portable energy harvesters for 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 Institute of Technical Physics of Riga Technical University and a senior researcher at the Institute of Textile Materials Technology and Design of Riga Technical University.

Member of Latvian Union of Scientists, Society of Physicists and European Optical Society. He was awarded as a „Teacher of the 2007” at Riga Technical University.

Address: 14/24 – 322 Azenes Street, Riga, LV-1048, Latvia.

E- mail: [blum@latnet.lv](mailto:blum@latnet.lv)

#### **Ingrida Shahta, Vilnis Jurkans, Ilze Baltina, Juris Blums. Integration of Electro Conductive System in the Thermoregulatory Clothing**

The main problems of smart clothing manufacturing with integrated electronics or electrical systems are caused by turning adapted electronic elements into the clothing and/or into fabric structures. According to the date in literature there can be different types of integration of electrical/electronic components in the structure of fabric or clothes: adding them to the garments using sewing technology; integrating them into fabric structure; creating them from textile materials.

Developed microclimate regulatory smart clothing has been manufactured using the first two methods: adding and integration of electronic elements into pockets and sewn in tunnels of garment, as well as integrating some electrically conductive traces in the structure of fabric by sewing. So far failed to replace the Peltier elements and copper foils with the materials more suitable for the integration in the fabric structure and at the same time able to provide a necessary quality of microclimate control by the conditions of high ambient or/and body temperature.

The part of electrical circuit that provides the operation of communication Panel is integrated in the structure of fabric using the electrically conductive thread. It was possible because of low power requirement and adequate resistance of conductive threads. To find the more suitable threads experiments at 50 mA current are performed (which is enough to ensure elements in the Panel with current) determining the voltage loss on the threads. Electrical contacts between the elements of communications Panel and control system (turned into Pocket) provides the conductive thread Elitex 110 dtex/34 x 2, which is also used for the manufacture of textile switches. Wires are used to connect other electrical/electronic elements.

#### **Ингрида Шахта, Вилнис Юртянс, Илзе Балтыня, Юрис Блумс. Интеграция электропроводящей системы в терморегулирующей одежде**

Главной проблемой для изготовления интеллектуальной одежды с интегрированной электронной/электрической системой является адаптивное интегрирование электроники для размещения её в одежде или в структуре текстиля. Существуют различные методы интеграции электрических/электронных компонентов в одежду или в структуру ткани: адаптация электроники для размещения в одежде с использованием швейной технологии (размещение в карманах); интеграция элементов в структуре текстиля; интеграция на уровне волокон ткани.

Основными компонентами системы являются элементы Пельтье с медной фольгой - «радиатором»; панель коммуникации с ЖК-монитором и переключатели системы коммутации; блок управления системы и батареи; провода, соединяющие элементы электрической цепи. Все детали расположены в соответствующих местах одежды.

Элементы панели тратят немного энергии, поэтому для их соединения подходят электропроводящие волокна, однако чтобы найти подходящие из доступных волокон, проведен эксперимент, определяющий падение напряжения при электрическом токе 50 мА (что достаточно для обеспечения тока элементам в панели).

Интеграция электрических/электронных компонентов при изготовлении терморегулирующей интеллектуальной одежды производилась двумя методами: часть элементов размещена в шитых карманах и туннелях, другая часть элементов интегрирована в структуру ткани шитьем (шитые провода - электропроводящие нити – в коммуникационной панели). До сих пор не удалось заменить Пельтье элемент с медной фольгой соответствующими текстилю материалами при сохранении хорошей теплопроводности.