

Zinātniski metodiskā  
konference

# Izaicinājumi inženierzinātņu augstākajā izglītībā

Tēžu krājums

Mašīnzinību, transporta  
un aeronautikas fakultāte

Rīga, 2021. gada 15. aprīlis

2021

**RTU Mašīnzinību, transporta un aeronautikas fakultātes zinātniski metodiskās konferences «Izaicinājumi inženierzinātņu augstākajā izglītībā» tēžu krājums.** Rīga: RTU Izdevniecība, 2021, 110 lpp.

Krājumā apkopotas RTU Mašīnzinību, transporta un aeronautikas fakultātes (MTAF) zinātniski metodiskās konferences «Izaicinājumi inženierzinātņu augstākajā izglītībā», kas tiešsaistē notika 2021. gada 15. aprīlī, tēzes. Konferencē piedalījās MTAF docētāji, kas strādā ar studiju virzienu «Mehānika un metālapstrāde, siltumenerģētika, siltumtehnika un mašīnzinības» studentiem, un RTU Daugavpils studiju un zinātnes centra kolēģi. Tās mērķis bija dalīties pieredzē, kas iegūta, sekmīgi nodrošinot attālinātās studijas un zinātniskos pētījumus.

Apskatītās tēmas un izteiktās atziņas par attālināto studiju norisi varētu būt saistošas ne tikai konferences dalībniekiem, bet arī citiem zinātniekiem un mācībspēkiem.

Redkolēģija:

*Dr. sc. ing.* Anita Avišāne

*Ph. D.* Māris Gailis

*Mg. sc. ing.* Viktors Gutakovskis

Zinātniskā redaktore Anita Avišāne

Literārā redaktore Rūta Lapsa

Datorsalikums Paula Lore

Vāka dizains Paula Lore

© Rīgas Tehniskā universitāte, 2021

ISBN 978-9934-22-672-4 (pdf)



**Zinātniski metodiskā konference**

**«Izaicinājumi inženierzinātņu  
augstākajā izglītībā»**

2021. gada 15. aprīlis

Tēžu krājums

RTU Izdevniecība  
Rīga 2021

## Priekšvārds

Pagājušā gada pavasaris visā pasaulē atnesa jaunu izaicinājumu – *Covid-19* pandēmija un ar to saistītie epidemioloģiskie ierobežojumi lika izkāpt ārpus ierastās komforta zonas visiem, arī augstskolu studentiem, mācībspēkiem un zinātniekiem.

Taču jebkurš izaicinājums rada ne tikai problēmas, bet arī dod iespējas. Ņemot vērā to, ka arī pēc gada joprojām nebija ļauts tikties klātienē, šā gada 15. aprīlī tiešsaistē notika RTU Mašīnzinību, transporta un aeronautikas fakultātes (MTAF) zinātniski metodiskā konference «Izaicinājumi inženierzinātņu augstākajā izglītībā».

Gada laikā gan studenti un mācībspēki, gan zinātnieki bija ieguvuši jaunu pieredzi. Konferences galvenais mērķis bija dalīties tajā ar kolēģiem un apziņāt, cik sekmīgi studijās un zinātnē ir izdevies integrēt dažādas tehnoloģijas, izmantot digitālo rīku funkcionalitāti un iespējas, lai studijas un pētniecības darbs sekmīgi varētu notikt attālināti.

Konferencē piedalījās visi MTAF docētāji, kas strādā ar studiju virziena «Mehānika un metālapstrāde, siltumenerģētika, siltumtehnika un mašīnzinības» studentiem, viņiem pievienojās arī kolēģi no RTU Daugavpils studiju un zinātnes centra.

Šajā izdevumā publicētas zinātniski metodiskās konferences ziņojumu tēzes. Apskatītās tēmas un izteiktās atziņas par attālināto studiju norisi varētu būt saistošas ne tikai konferences dalībniekiem, bet arī citiem zinātniekiem un mācībspēkiem.

Ceru, ka šāda veida zinātniski metodiskās konferences un pieredzes apmaiņas pasākumi kļūs par fakultātes tradīciju.

Krājuma zinātniskā redaktore  
docente *Dr. sc. ing.* Anita Avišāne

# SATURS

## 01

### Aeronautikas institūts

7

MOODLE LMS virtuālās programmēšanas laboratorijas izmantošana ar programmēšanu saistītu studiju kursu izglītības individualizēšanai	8
Studiju kursa apguves uzlabošana, izmantojot diskusiju semināru organizēšanu tiešsaistes mācīšanas režīmā	10
Aviācijas negadījumu izmeklēšana	12
Termodiagnostikas ierīces izstrāde gultņu tehniskā stāvokļa monitoringam	15
Autodesk Inventor datorprogrammas izmantošana projektēšanas darbu apmācības procesa īstenošanai	17
Digitālo ierīču lietošanas iespējas praktiskajos darbos	19
Mūsdienu grafiskās aparatūras perifēro ierīču izmantošana inženierzinātņu studiju kursu attālinātai apguvei	21
Barometriskā augstuma simulatora izstrāde sekundārās radiolokācijas sistēmas retranslatora darbības pārbaudei	22
Praktisko darbu organizēšana attālinātā režīmā, izmantojot vienkāršo simulācijas vides programmatūru	24
Studiju kursu uzlabošana, piesaistot nozares profesionāļus	26
Pieredze lekciju kursa «Aviācijas materiāli un standarta daļas» docēšanā ārvalstu studentiem	28
Par studiju kursu «Astronautikas pamati» MTAF Aeronautikas institūtā	30

## 02

### Daugavpils studiju un zinātnes centrs

32

Pievilkšanas momenta noteikšana nekustīgu vītņu savienojumu salikšanā dažādos triecienskrūvgrieža darba režīmos	33
Triecienskrūvgrieža elektroenerģijas patēriņa analīze, veicot nekustīgu vītņu savienojumu salikšanu	36
Attālinātās apmācības aspekti studiju kursā «Datorgrafika mašīnbūvē» un darba efektivitātes paaugstināšana	39
Transportlīdzekļos lietoto iekšdedzes virzuļmotoru kloķvārpstu izgatavošanā izmantojamo materiālu izvēle un izgatavošanas tehnoloģiju attīstība	41

## 03

### Mehānikas un mašīnbūves institūts

43

#### Industriālā dizaina katedra

44

Radošo virzienu izaicinājumi praktisko studiju kursu nodrošināšanā	44
Studentu motivācija katra darba grupas dalībnieka līdzvērtīgai iesaistei studiju moduļa apguvē	46

#### Mašīnbūves un mehatronikas katedra

48

Projektējamās konstrukcijas drošuma nodrošināšana	48
Praktisko un laboratorijas darbu organizācijas veidi pandēmijas apstākļos	50
Dilšanas procesa pētījumu rezultātu lietojums projektēšanā	52
Ekscentriski slogotas kakta šuves nestspējas novērtēšana	54
Automatizētā konstruktoru dokumentāciju veidošana	57
Studiju kursa «Datorgrafika mašīnbūvē» nepieciešamība topošo speciālistu sagatavošanā	59
Attālinātās studijas kursā «Mašīnbūves iekārtu piedziņa un vadība»	61
Situāciju imitācijas paņēmiena izmantošana studiju kursā «Patentzinību pamati»	63
Biežāk sastopamie saspiesta gaisa sistēmu atteikumi	65
Jaunākie risinājumi hidrauliskajās sistēmās	68
LEAN pamatprincipu izmantošana studiju darba organizācijā	70
Augstas izturības tēraudu MAG metināšanas pētījumu aktualitātes	72

## SATURS

<b>Teorētiskās mehānikas un materiālu pretestības katedra</b>	<b>74</b>
Programma <i>Mathcad</i> – drošs rīks studentu rokās	74
Fundamentāla priekšmeta «Materiālu pretestība» attīstība, lietojot mūsdienu datorprogrammas	76
Priekšmeta «Mehānika» digitalizācija ESF projektā «Rīgas Tehniskās universitātes efektīvas pārvaldības attīstība»	78
<b>Siltumenerģētisko sistēmu katedra</b>	<b>80</b>
Siltumapgādes sistēmas konstruēšanas grafiskā vide	80
Klimatneitralitāte, tehnogēno risku mazināšana un atjaunojamo energoresursu izmantošana siltumapgādē un enerģētikā	82
Vides pārvaldības mašīnbūvē integrēšana ar dzīves cikla analīzi	85
<b>04</b>	
<b>Transporta institūts</b>	<b>86</b>
<b>Automobiļu katedra</b>	<b>87</b>
Autotransporta nozares attīstības vēstures izpratnes nozīmīgums autotransporta studiju procesā	87
Izaicinājumi studiju kursa «Transportlīdzekļu mehānika» realizēšanā un pilnveidē	89
Uzņēmējdarbības studijas autotransporta inženieru studiju programmā	91
Elektrosistēmas sprieguma ietekme uz automobiļu lukturu apgaismojumu	93
Novitātes automobiļu virsbūvju un rāmju remontā	95
Galvenā pārvada pārbaudes stenda izstrāde kvalitatīva remonta tehnoloģiskā procesa nodrošināšanai	97
<b>Dzelzceļa inženierijas katedra</b>	<b>99</b>
Par lokomotīvu jaudas pārvadu un enerģētisko iekārtu jomas studiju kursu satura modernizācijas iespējām	99
Par studiju kursu «Ievads specialitātē», «Dzelzceļa tehniskās ekspluatācijas noteikumi», «Kravas un komercdarba organizācijas pamati» satura aktualizēšanu atbilstoši mūsdienu situācijai	101
Izaicinājumi kravu pārvadāšanas un pārkraušanas tehnoloģiju studiju kursu pilnveidošanā	103
Izaicinājumi dzelzceļa transporta loģistikas studiju kursu pilnveidošanā	105
Izaicinājumi dzelzceļu sakaru un telekomunikācijas sistēmu studiju kursu pilnveidošanā	107
Racionāla eksperimentu plānošana, metamodeļu sintēze un pētāmās sistēmas optimizācija	109

# 01

## Aeronautikas institūts

- 8 *MOODLE LMS* virtuālās programmēšanas laboratorijas izmantošana ar programmēšanu saistītu studiju kursu izglītības individualizēšanai
- 10 Studiju kursa apguves uzlabošana, izmantojot diskusiju semināru organizēšanu tiešsaistes mācīšanas režīmā
- 12 Aviācijas negadījumu izmeklēšana
- 15 Termodiagnostikas ierīces izstrāde gultņu tehniskā stāvokļa monitoringam
- 17 *Autodesk Inventor* datorprogrammas izmantošana projektēšanas darbu apmācības procesa īstenošanai
- 19 Digitālo ierīču lietošanas iespējas praktiskajos darbos
- 21 Mūsdienu grafiskās aparatūras perifēro ierīču izmantošana inženierzinātņu studiju kursu attālinātai apguvei
- 22 Barometriskā augstuma simulatora izstrāde sekundārās radiolokācijas sistēmas retranslatora darbības pārbaudei
- 24 Praktisko darbu organizēšana attālinātā režīmā, izmantojot vienkāršo simulācijas vides programmatūru
- 26 Studiju kursu uzlabošana, piesaistot nozares profesionāļus
- 28 Pieredze lekciju kursa «Aviācijas materiāli un standarta daļas» docēšanā ārvalstu studentiem
- 30 Par studiju kursu «Astronautikas pamati» MTAF Aeronautikas institūtā

**Sergey Bratarchuk, Aleksejs Dolgovs**

## **MOODLE LMS virtuālās programmēšanas laboratorijas izmantošana ar programmēšanu saistītu studiju kursu izglītības individualizēšanai**

### *Application of MOODLE LMS Virtual Programming Laboratory for Education Individualization of Programming-Related Courses*

Atslēgvārdi: programmēšana, *python*, *moodle*.

Darbā izanalizētas transporta virziena inženierzinātņu bakalaura un maģistra studiju kursu īstenošanas individuālās pieejas kursu realizācijas gaitā. Metodiskajā darbā izstrādāti un tehniski realizēti matemātiskās programmēšanas uzdevumi, kas atbilst secības un pieejamības principiem. Kā metodiskā platforma izmantota *MOODLE LMS* sistēma ar *Virtual Programming Lab* spraudni. Veikta izstrādātās sistēmas aprobācija septiņās studentu grupās no 2017. līdz 2020. gadam. Balstoties uz rezultātiem, pilnveidots studiju kursa saturs, tas adaptēts studentu individuālajām prasībām, kā arī sniegtas sistēmas lietošanas metodiskās rekomendācijas.

#### **Darba galvenie rezultāti**

Izanalizēta ar *LMS* izmantošanu saistīta metodiskā literatūra. Pamatojoties uz analīzi, izvēlēts *VPL* spraudnis tehniskai studiju kursa realizācijai. Instalēts un konfigurēts ārējais *Moodle* serveris, kas tālāk tiek integrēts SIA «HelloIT» tehnoparka serveru sistēmā. Studentiem nodrošinātas pieejas tiesības sistēmai. Kad «*Jail-server*» ir instalēts, sāka tā darbība, veikta atklājošana, programmas var sākt izmantot kursu autorizētie lietotāji. Izstrādāti vairāk nekā 150 dažādas sarežģītības algoritmiski uzdevumi ar testiem.

Analizējot studentu aptaujas rezultātus, var secināt, ka elektronisko kursu ieviešana inženieru izglītības studiju procesā pilna laika studijās uzlabo studentu pastāvīgā darba efektivitāti. Sistematizēti elektronisko kursu tēmu bloki un saprotama navigācija nodrošina patstāvīgā darba uzdevumu izpildi lektora uzraudzībā visa semestra laikā.

Katra studenta iesaistīšana darbā, citi studiju procesa rādītāji liecina par sniegumu pašmācības darba kvalitātē un apjomā. Tajā pašā laikā pastāvīgās atgriezeniskās saites pieejamība, tūlītējā rezultātu pieejamība motivē



studentus sistemātiskām patstāvīgām studijām. Iegūtie studiju progresā dati tiek ierakstīti studentu atzīmju kartē, kas šajā programmā tiek ģenerēta automatiski bez mācībspēka papildu darba laika.

Autoru izstrādātie studiju kursi tiek veiksmīgi lietoti izglītības procesā, izmantojot *Python* programmēšanas valodu dažādu transporta procesu modelēšanas kursu realizācijai. Prakse pierādījusi, ka izglītības procesa organizēšana un patstāvīgais darbs, kas balstīts uz *LMS/VPL*, ir veicinājis studentu iesaisti, jo šī darba forma studentiem ir ierasta un labi papildina tradicionālās izglītības formas. Pamatojoties uz veikto pētnieciski praktisko darbu, analizēto literatūru, kā arī nodarbību procesu un rezultātu novērojumiem, autori uzskata, ka var uzlabot studiju produktivitāti, it īpaši – attālināto studiju apstākļos, izmantojot kādu no *VPL* līdzīgām sistēmām. Tajā pašā laikā nav pamatotu bažu, ka tiešsaistes kursi samazinās universitātes mācībspēku lomu.

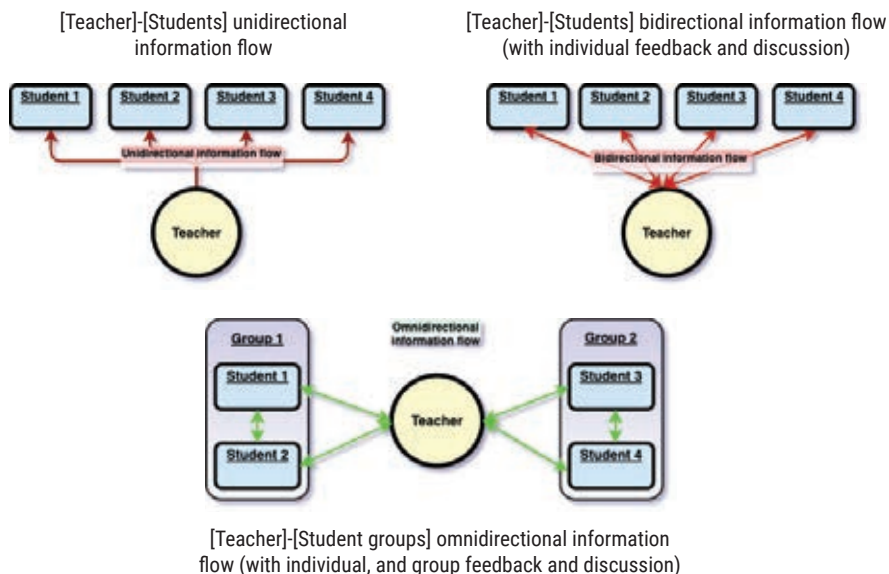
Vjačeslavs Lapkovskis

## Studiju kursa apguves uzlabošana, izmantojot diskusiju semināru organizēšanu tiešsaistes mācīšanas režīmā

*Improving the learning of the subject through the organisation of discussion seminars in the online teaching mode.*

Atslēgvārdi: *online/remote learning, online/remote teaching, discussion, feedback, interaction, interdisciplinary.*

One of the problems of distance education is the lack of direct contact between the teacher and the students [1]. This issue has become even more relevant during the continuous remote educational process. Lack of regular feedback from the student directly affects the quality of the study. To improve student feedback, students are required to engage in the discussion process. By fostering open discussions on both subjects and related subjects, it



**Moving from linear approach to reciprocal interaction**

enhances understanding of subjects and overall student performance [2]. The direction in the debate emerges after finding out students' interests on the part of the teacher. Thus, the discussion process needs to be adjusted to increase the overall number of students involved. Dividing students into groups of individual topics encourages more interaction with interested students [3]. The main advantage of this approach, in my opinion, is the transfer of intellectual impulse from the teacher to the students in order to stimulate their interest in the subject and adding interdisciplinarity to the subject [4].

### **Bibliographic references**

- 1) J. Baggaley, 'Where did distance education go wrong?', *Distance Education*, vol. 29, no. 1, pp. 39–51, May 2008, doi: 10.1080/01587910802004837.
- 2) OECD, 'Student assessment: Putting the learner at the centre', in *Synergies for Better Learning*, OECD, 2013, pp. 139–269.
- 3) D. F. Rahman, 'Impact of Discussion Method on Students Performance', *International Journal of Business and Social Science*, vol. 2, no. 7, pp. 84–94, 2011.
- 4) R. Rashid and M. Lim, 'Fostering interdisciplinarity through blended learning', in *Personalised Learning. Diverse Goals. One Heart. ASCILITE 2019 Singapore*, 2019, pp. 536–540.

**Vladimirs Šestakovs, Ruta Bogdane, Aleksandrs Bitiņš**

## **Aviācijas negadījumu izmeklēšana**

### *Air Accident Investigation*

Atslēgvārdi: aviācija, aviācijas negadījumi, incidenti, lidojumu drošības sistēma.

Studiju kursa «Aviācijas negadījumu izmeklēšana» pamatā ir aviācijas negadījumu un incidentu cēloņu noteikšana, pamatojoties uz to izmeklēšanu un izstrādātajiem pasākumiem to novēršanai, lai uzlabotu lidojuma drošības līmeni.

#### **Studiju kursa mērķis**

Iegūt prasmes aviācijas negadījumu un incidentu cēloņu analizē un preventīvu darbību izstrādē. Iegūt prasmes aviācijas negadījumu un incidentu izmeklēšanas likumdošanā. Attīstīt prasmes dokumentēt aviācijas negadījumu izmeklēšanas secību.

#### **Studiju kursa uzdevumi**

- Iepazīties ar normatīvajiem dokumentiem aviācijas negadījumu un incidentu izmeklēšanas jomā.
- Sniegt zināšanas par lidojumu drošības stāvoklis pasaules aviācijā un aviācijas negadījumu klasifikāciju un iedalījumu atkarībā no to iemesliem.
- Attīstīt iemaņas aviācijas negadījumu izmeklēšanas secības un gala dokumentācijas sagatavošanā.
- Sniegt zināšanas par aparāturu un tehnisko līdzekļu izmantošanu aviācijas negadījumu un incidentu izmeklēšanā.
- Sniegt zināšanas aviācijas negadījumu iemeslu novēršanas pasākumu izstrādē ar nolūku paaugstināt lidojumu drošības līmeni.

#### **Studiju kurss**

Studiju kurss ietver: lekcijas un praktiskās nodarbības, kā arī lomu spēles, kurā katram studentam ir sava loma gaisa kuģa negadījumu izmeklēšanā.

## Kursu nodarbību organizēšanas procedūra

- Pamatojoties uz pieejamo reāla aviācijas negadījuma gala izmeklēšanas ziņojumu, tika izveidota dokumentācija, iekļaujot vairākas mapes ar izmeklēšanas materiāliem attiecīgajā jomā (lidojumderīgums; gaisa kuģu ekspluatācija utt.).
- Mācībspēks katram studentam iedala savu lomu, izveidojot komisiju, kurā ir apakškomisijas un dažādu institūciju pārstāvji: reģistrācijas valsts, gaisa kuģu ekspluatācijas valsts, gaisa kuģu projektēšanas valsts, gaisa kuģu ražošanas valsts; Starptautiskā civilās aviācijas organizācija, ja attiecīgā gaisa kuģa maksimālā masa ir lielāka par 2250 kg.
- Komisija rūpīgi pārbauda dokumentāciju par gaisa kuģi pirms negadījuma: par tehnisko apkopi, virszemes ekspluatāciju, gaisa kuģa sagatavošanu lidojumam, kā arī informāciju par degvielas un smērvielu materiālu kvalitāti, uzglabāšanas un izmantošanas kārtību un dokumentāciju, kas raksturo gaisa kuģa ekspluatācijas un lidojuma nodrošināšanas kvalitāti.
- Mācībspēks iedala mācību grupu komisijā, kas sastāv no **apakškomisijām**: Lidojumu apakškomisija; Inženiertehniskā un tehniskā; Administratīvā apakškomisija.
- Studentu grupa ir iedalīta trīs daļās. Katrai apakškomisijai ir iecelts komisijas vadītājs. Apakškomisijas vadītājam tiek izsniegta mape ar reālas izmeklēšanas dokumentu kopumu. Katra grupa gatavo atskaiti ar nepieciešamo dokumentāciju.

## Apakškomisiju apraksti un uzdevumi

### 1. Inženiertehniskā un tehniskā apakškomisija

- Grupa, kas analizē aviācijas tehnikas ekspluatācijas, tehniskās apkopes un remonta noteikumu ievērošanu.
- Planiera un sistēmu grupa.
- Spēka iekārtu grupa.
- Aviācijas un radioelektroniskā aprīkojuma grupa.

Apakškomitejas vadītājs nosaka darba grupu skaitu un ieceļ vecāko, izsniedz mapi ar reāliem attiecīgās jomas izmeklēšanas dokumentiem.

**Uzdevumi:** aviācijas transporta (AT) stāvokļa noteikšana pirms un pēc aviācijas negadījuma (AN); AT ekspluatācijas rakstura, tehniskā apskate (TA) un remonta kvalitātes izpēte; izmeklēšanas un izmēģinājumu veikšana, lai noteiktu AT atteices iemeslus.

## **2. Administratīvā apakškomiteja**

- Identificē mirušo personības.
- Sniedz palīdzību cietušajiem.
- Nosaka AN zaudējumus.
- Likvidē AN sekas.

## **3. Lidojumu apakškomiteja**

- Analizē lidojuma parametru magnētisko reģistratoru («melnās kastes») datus.
- Veic dažādus lidojuma aprēķinus, izmantojot «melnās kastes» datus.

## **Uzdevumi**

- Dots apakškomisijas veikto pamatdarbu saraksts ar norādi uz pamata atskaites dokumentiem.
- Veikts ekipāžas novērtējums lidojuma gatavībai un novērtēts lidojuma darba organizācijas līmenis (pievienota lidojuma grupas atskaite).
- Dešifrēti borta pašrakstītāja ieraksti (pievienots dešifrēšanas grafiks) utt.

## **Apakškomisiju atskaite (ar materiāliem)**

Apakškomisijas atskaite pēc darbu rezultātiem, kas paveikti saistībā ar izmeklēšanu.

- Galvenie darbi, ko veikusi apakškomisija.
- Analīze.
- Secinājumi.
- Citi ar negadījumu nesaistīti trūkumi, kas atklāti izmeklēšanas gaitā.
- Rekomendācijas.

**Gala ziņojums** (atbilstoši Starptautiskās civilās aviācijas organizācijas Konvencijas par starptautisko civilo aviāciju 13. pielikumam «Aviācijas nelaimes gadījumu un incidentu izmeklēšana»)

**Ēriks Ozoliņš, Ilmārs Ozoliņš, Antons Orlovs**

## **Termodiagnostikas ierīces izstrāde gultņu tehniskā stāvokļa monitoringam**

### *Development of a thermo diagnostic device for monitoring the technical condition of bearings*

Atslēgvārdi: termodiagnostikas ierīce, temperatūra, gultņa tehniskais stāvoklis, termopāris, controlleris.

Jebkuru iekārtu un konstrukciju darbaspēja un drošība tiešā veidā ir atkarīga no to tehniskā stāvokļa. Eksploatācijas laikā konstrukcijas tiek pakļautas dažādu nelabvēlīgu procesu un apstākļu iedarbībai, tāpēc agrāk vai vēlāk konstrukciju mezglos un elementos parādās dažādi defekti. Ja šie defekti netiek savlaicīgi atklāti un kontrolēti, tad nelielas detaļas defekts var izraisīt dārgas un sarežģītas konstrukcijas, mehānisma vai iekārtas atteici, neplānotu dīkstāvi un dārgus remontdarbus. Tāpēc defektu un bojājumu savlaicīga atklāšana ir ļoti svarīgs un aktuāls jautājums.

Aeronautikas institūtā izstrādāta diagnostikas ierīce, kas spēj veikt gultņu attālinātu temperatūras monitoringu ar definētu periodiskumu, kā arī brīdināt tehnisko personālu par temperatūras palielināšanos virs eksploatācijas robežas. Galvenais uzdevums bija izgatavot ierīci, kas izmaksātu lēti, taču ar tikpat lielu funkciju daudzveidību un iespējām, kā ierīcēm, ko izgatavo citi lieli ražotāji.

Izstrādātā termodiagnostikas ierīce ietver šādus komponentus: controlleris, akumulators, temperatūras jutīgs sensors un korpuss (kārba). Tika izmantots *ESP8266 NodeMCU* controlleris ar iebūvētu *Wi-Fi* funkciju. Tas ir projektēts uz *Arduino* bāzes, kas ir ērta platforma ātrai elektronisko ierīču izstrādei gan iesācējiem, gan arī profesionāļiem ērtas un vienkāršas programmēšanas valodas dēļ.

Par temperatūras sensoru tika izvēlēts termopāris, jo nebija nepieciešamības mērīt gultņa temperatūru ar precizitāti līdz grāda desmitdaļām. Turklāt izrādījās, ka termopāra galu, izmantojot pāreju, varēja ieskrūvēt eļļošanas nipeļa vietā, lai varētu piekļūt tuvāk gultnim. Līdz ar to termopāra uzstādīšanai nebija nepieciešamības veidot speciālu urbumu korpusā preti gultnim.

Lai pilnvērtīgi izmēģinātu ierīci un pārbaudītu tās darbības, tika veiktas salīdzinoši ilglaicīgas eksperimentālās pārbaudes. Eksperimentālo pārbaūžu īstenošanai tika izmantota vakuuma iekārta, uz kuras uzstādīti divi *SKF*

22313EK koniski divrindu gultņi ar sfēriskiem rullīšiem. Ierīces sensors tika piestiprināts korpusā pie viena no šiem gultņiem, kas eksperimenta gaitā ļāva mērīt šī gultņa darba temperatūru ar noteiktu periodiskumu. Eksperiments ilga aptuveni divus mēnešus. Eksperimenta laikā vakuuma iekārta strādāja nepārtraukti 24 stundas diennaktī, septiņas dienas nedēļā. Šo pārbaudi gaitā tika veikts arī izstrādātās ierīces salīdzinājums ar citām gultņu kontroles ierīcēm, lai varētu secināt, vai izstrādātā ierīce ir efektīva, lai kontrolētu gultņu tehnisko stāvokli. Līdz ar to eksperimenta gaitā tika lietotas šādas gultņu diagnostikas ierīces: vibrācijas mērīšanas ierīce *SKF CMAS 100-SL*; termokamera *FLIR E5-XT*, kas ļauj izveidot termobildes; elektroniskais stetoskops *TMST 3*, kas ļauj sadzirdēt iespējamus gultņu defektus; infrasarkanais lāzertermometrs *Testo 805i*. Katrai ierīcei tika konstatētas priekšrocības un trūkumi.

Eksperimentālie pētījumi parādīja, ka izstrādātā ierīce spēj veikt gultņu temperatūras mērījumus ar noteiktu periodiskumu un brīdināt par ekspluatācijas temperatūras pārsniegšanu. Ierīce ir samērā efektīva, jo spēj uzkrāt un saglabāt temperatūras novērojumus mēnešu laikā, perspektīvā – arī gada laikā. Taču temperatūras novērošana ir tikai viena no kontroles metodēm, tai ir gan trūkumi, gan priekšrocības. Ja ārējie apstākļi ir mainīgi un tos nav ar ko salīdzināt, tad mērījumu rezultāti var būt maldinoši. Tāpēc, lai pilnvērtīgāk varētu veikt iekārtas monitoringu, labāk būtu temperatūras novērojumus apvienot vēl ar kādu citu kontroles metodi, piemēram, ar vibrācijas parametru novērojumiem.



Ēriks Ozoliņš, Ilmārs Ozoliņš

## **Autodesk Inventor datorprogrammas izmantošana projektēšanas darbu apmācības procesa īstenošanai**

### *Use of the computer program Autodesk Inventor for the implementation of the process of teaching design work*

Atslēgvārdi: *Autodesk Inventor*, zobratu modelēšana, reduktora projektēšana.

Pastāv virkne dažādu datorprogrammu, kas paredzētas projektēšanas vajadzībām. *Autodesk Inventor* ir viena no šādām programmām. Projektēšanas darbu apmācības process tiek īstenots, par pamatu ņemot divus vienpakāpes reduktoru piemērus, kas tiek projektēti *Autodesk Inventor* vidē. Viens reduktors tiek projektēts ar cilindrisko zobratu pārvalu, savukārt otrs reduktors – ar konisku zobratu pārvalu. Sākumā tiek izskatīta cilindrisko un konisko zobratu pārvalu izveide. Zobratu veidošanu var iedalīt divos etapos. Pirmajā etapā tiek veikta zobratu sākotnējā modelēšana. Lai varētu realizēt zobratu modelēšanu *Autodesk Inventor* programmā, nepieciešams ievadīt zobratu raksturīgo parametru lielumus: sazobes modulis; pārnesuma attiecība; zobu skaits; zobratu platums; zobu slīpuma leņķis; zobratu materiāls utt. Tiek uzskatīts, ka visi nepieciešamie parametri pirms tam jau ir aprēķināti. Modelēšanas rezultātā tiek iegūtas divu cilindrisko vai konisko zobratu sagataves ar izveidotiem zobiem, kas jau atrodas savstarpējā sazobē. Otrajā etapā šīs zobratu sagataves nepieciešams pilnveidot, lai iegūtu zobratiem pilnvērtīgu un pilnīgi gatavu ārējo izskatu. Šajā etapā tiek precizēts zobrata rumbas platums un diametrs, tiek uzdots diska platums, izveidotas fāzītes un noapaļojumi, nepieciešamības gadījumā zobrata diskā var tikt izveidoti urbumi vai sektorveida izgriezumi zobrata masas samazināšanai, kā arī, piemēram, pastiprinošas ribas liela izmēra zobratiem. Sākotnēji programma uzmodelē zobratu, taču pilnveidošanas darbs ir jāveic pašiem, turklāt – katram zobratam tas ir jādara atsevišķi.

Tālāk tiek izskatīta vārpstu projektēšana. Tiek uzskatīts, ka visi nepieciešamie vārpstas izmēri pirms tam arī jau ir aprēķināti. Zobrata uzstādīšanu uz vārpstas var realizēt paši, taču *Autodesk Inventor* programmā daudz ērtāk ir izmantot speciāli tam paredzētās iespējas, kas ātri un viegli izveido zobratu un vārpstu savienojumu, izmantojot vai nu ierievjus vai arī rievsvienojumus.

Tālākā darba gaitā tiek izskatīta reduktora korpusa izveide, kas patiesībā ir viens no darbietilpīgākiem reduktora projektēšanas etapiem un prasa vairāk uzmanības, toties šeit ir plašākas iespējas reduktora dizaina izvēlē. Reduktora sastāvdaļas, piemēram, distances gredzeni, gultņu vāki un ietveres tiek projektētas diezgan viegli, tāpēc to detalizēta izskatīšana nav nepieciešama. Reduktora standarta detaļas un elementus, piemēram, gultņus, skrūves, uzgriežņus, paplāksnes, sprostgredzenus, blīves utt., pašiem projektēt nav nepieciešams, tos var izvēlēties *Autodesk Inventor* programmas katalogā. Nobeigumā tiek parādīts, kā visas reduktora sastāvdaļas tiek saliktas kopā un tiek izveidots reduktora 3D kopsalikums. *Autodesk Inventor* programmā ir iespēja uzdot zobratu un vārpstu rotācijas kustību. Kad reduktors ir uzprojektēts, ir iespējams izveidot atsevišķu detaļu, kā arī kopsalikuma rasējumus. Rasējumu izveides process ir samērā vienkāršs, jo rasējumi tiek veidoti no uzprojektētām detaļām.

*Autodesk Inventor* ir ērta programma, ko var lietot gan iesācēji, gan arī pieredzējuši speciālisti. Taču šai programmai ir arī nepilnības. Piemēram, modelējot divus zobratu sazobē, zobratu zobu profils tiek izveidots vienkāršotā veidā. *Autodesk Inventor* programma piedāvā iespēju izveidot detalizētāku zobu profilu, kas vairāk atbilst realitātei un izskatās daudz labāk, taču diemžēl to var izdarīt tikai tad, ja katrs zobrats tiek modelēts atsevišķi, nevis sazobē ar citu.

**Ilmārs Ozoliņš, Ēriks Ozoliņš**

## **Digitālo ierīču lietošanas iespējas praktiskajos darbos**

### *Possibilities of using digital devices in practical work*

Atslēgvārdi: praktiskā nodarbība, videofails.

Laboratorijas praksē un arī citās praktiskās nodarbībās bieži vien ir apgrūtināta darbietilpīgu praktisku darbu īstenošana nepieciešamo instrumentu un ierīču nepietiekamības dēļ, ja studentu ir vairāk nekā ierīču. Turklāt dažādu iemeslu dēļ studenti mēdz neapmeklēt nodarbības, kuru pārplānošana ir grūti īstenojama. Protams, situāciju var atvieglot, izveidojot mazākas studentu apakšgrupas. Taču tas ievērojami palielina mācībspēku noslodzi, kas būtu jāatspoguļo arī atalgojumā. Nākamais piedāvātais risinājums ir praktiskās nodarbības maksimāli atbrīvojot no teorētiskās informācijas izklāsta, to studentiem var sniegt, piemēram, elektroniskā vai papīra formātā. Šeit gan parādās grūtības ar to, kā šo materiālu uztvers studenti, jo bieži vien, lai izskaidrotu pat ne pārāk sarežģītas lietas, nākas veikt apjomīgus aprakstus. Un, ja materiāla ir diezgan daudz, tas īpaši neveicina vēlmi studēt. Tāpēc tiek piedāvāts materiālu ierakstīt un iesniegt studentiem videofailu veidā. Šos videofailus students varēs noskatīties ne tikai mājās, bet arī auditorijā sava portatīvajā datorā, lietojot austiņas, tādā veidā netraucējot pārējos studentus. Tiek piedāvāts ierakstīt videofailos arī daļu praktisko darbu, kuros būs iespējams kvalitatīvi parādīt un iztīrīt visus nepieciešamos jautājumus, ko pat grūti izskaidrot klātienē. Būtībā var ierakstīt jebkura veida studiju saturu. Šādi videofaili būtu ļoti noderīgi arī gadījumos, kad students kādu iemeslu dēļ nevar ierasties uz nodarbību klātienē vai klātienes nodarbība ir jāatceļ. Protams, tas ir darbietilpīgs process, tādēļ šādi materiāli ir jāveido pakāpeniski, gadu gaitā tos uzkrājot. Turklāt tas zināmā mērā arī atvieglotu mācībspēku darbu. Te, protams, rodas pagaidām neatrisinātais jautājums par intelektuālo īpašumu. Tiešām, piemēram, ja teorētiski visas mācībspēka disciplīnas būs pārstrādātas un pieejamas ērtas uztveršanas formā, tad mācībspēks it kā vairs nav vajadzīgs. Veidojas situācija, ka mācībspēks, ierakstot videofailus, savu funkciju universitātē padara arvien mazāk nozīmīgu. Jāsaka, ka jau šobrīd attālinātās nodarbības studenti ieraksta savos datoros, un tālākās darbības ir atkarīgas no studentu godprātības. Neskatoties uz to, informācijas apjoma ikgadējais pieaugums un datortehnoloģiju attīstība stimulē videofailu radīšanu, un intuitīvi ir saprotams, ka informācijas iegūšanā nepietiek tikai ar teksta formātu. Drīzumā studiju mērķiem jau var sagaidīt 3D datortehnoloģijas brilles un pat hologrammu lietošanas iespējas.

Pagaidām viss liecina par to, ka studiju formāts arvien vairāk virzīsies uz katra studenta mājām. Studentiem nevajadzēs ik dienu mērot ceļu uz savu institūtu, nebūs nepieciešams studēšanas laikā pārcelties uz lielpilsētām. Universitātes funkcija pamatā izpaudīsies kā centrs, kur būs koncentrētas laboratorijas un pētniecības iekārtas, kur tiks īstenoti praktiskie un pārbaudes darbi un cita veida aktivitātes. Savukārt ikdienas lekcijas un nodarbības arvien vairāk pāries attālinātā režīmā.

**Sergejs Kuzņecovs**

## **Mūsdienu grafiskās aparatūras perifēro ierīču izmantošana inženierzinātņu studiju kursu attālinātai apguvei**

### *The use of modern graphical hardware peripherals for the remote learning of engineering science study courses*

Atslēgvārdi: attālinātās studijas, grafiskā planšete.

Tiek piedāvāta autora pieredze studiju kursa «Aerohidromehānika» un «Aerodinamikas pamati» attālinātā pasniegšana, izmantojot *Microsoft Teams* tiešsaistes konferences rīku kopā ar *Microsoft Whiteboard* tāfeles programmu, *web* kameru/mikrofonu un grafisko planšeti. Šī konfigurācija *Covid-19* izraisītās pandēmijas ierobežojumu laikā ļāva samērā efektīvi un bez kvalitātes zudumiem un pārtraukumiem aizvietot klasisko klases pasniegšanas metodi studenti-mācībspēks-tāfele. Perifēro iekārtu centrālais objekts ir japāņu firmas *Wacom* grafiskā planšete «*Intuos*» ar 22 cm x 13 cm darba virsmu un pildspalvu (*stylus*). Šī ierīce tiek pieslēgta pie *USB* porta un atpazīta kā datorpele, ļaujot rakstīt kā ar flomāsteri vai krītu un tādā veidā aizvietojot reālu tāfeli. Programma, ar kuras palīdzību tiek pasniegta informācija, ir *Microsoft Whiteboard*.

Šādai konfigurācijai lietošanas laikā tika konstatētas vairākas pozitīvas īpašības. Tā ļauj piedāvāt gan mācībspēka balss/vizuālo informāciju un žestus, gan labas kvalitātes krāsainu grafisko informāciju, izmantojot planšeti. Lekcijas laikā efektīvi var izmantot interneta resursus, piemēram, bildes, ātri pierakstot komentārus un skaidrojumus planšetē. Izveidoto tāfeles informāciju var saglabāt kā grafisko failu un piedāvāt/parādīt to studentiem. Studenti var pierakstīt lekciju arī video failā.

Jāatzīmē fakts, ka ir nepieciešams laiks, lai pierastu lietot planšeti. Galvenokārt tāpēc, ka rakstīšanas laikā operatoram jāskatās ekrānā, paralēli rakstot uz planšetes, kas sākumā var nebūt ērti. Autors rekomendē šādu pasniegšanas metodi visiem mācībspēkiem, kuriem lekciju laikā ir nepieciešama tāfele, lai kvalitatīvi vadītu nodarbības.

Ļubova Divina, Igors Smirnovs

## **Barometriskā augstuma simulatora izstrāde sekundārās radiolokācijas sistēmas retranslatora darbības pārbaudei**

### *Development of the barometric altitude simulator for testing the operability of a secondary radar system transponder*

Atslēgvārdi: sekundārā radiolokācija, «*Arduino*», stimulators.

Sekundārās radiolokācijas sistēmas retranslatori ir neatņemama gaisa kuģa radiolokācijas aprīkojuma sastāvdaļa. Viens no retranslatora darbības režīmiem (režīms «C» vai «Augstums») ir lidojuma barometriskā augstuma pārbaudes režīms. Informācija par gaisa kuģa barometrisko augstumu relatīvās pretestības veidā tiek izstrādāta ar gaisa signālu sistēmu (GSS) vai tiek nolasīta no barometriskā augstuma devēja.

Retranslatora augstuma pārveidošanas blokā relatīvā pretestība tiek pārveidota binārā cikliskajā kodā, video impulsu veidā tiek pārraidīta radio raidītāja modulatoram un pēc tam pārraidīta lidostas radaram.

Lai pārbaudītu retranslatora darbību «C» režīmā uz gaisa kuģa un laboratorijas apstākļos, tiek izmantots specializēts testēšanas aprīkojums. Testa aprīkojumam var būt vairāki ierobežojumi, piemēram, ne visi tehniskie parametri tiek pārbaudīti pilnībā. Piemērs tam ir kontroles ierīce «KASO-1», kas pārbauda retranslatora darbību režīmā «Augstums» tikai trīs augstumos.

Šī darba mērķis – izveidot augstuma simulatoru, kas ļauj pārbaudīt retranslatora darbību visā augstumu diapazonā – no 0 līdz 15000 metriem.

Lai atrisinātu šo problēmu, uz «*Arduino*» mikrokontrollera bāzes tika izstrādāts altimetra ekvivalents, tas ir, lidojuma augstuma simulators. Izstrādātā ierīce sastāv no trim galvenajiem mezgliem – augstuma kodu formētāja, ciparu sprieguma dalītāja un pastiprinātāja. Simulatora izejas signāls nonāk transpondera augstuma pārveidotājā.

Lai retranslatori varētu pārveidot simulēto augstumu attiecīgajā kodā, simulatorā tiek ģenerēts lidostas radara pieprasījuma signāls («C» kods). Retranslatori kodē saņemto informāciju par augstumu un pārraida atbildes signālu lidostas radaram.

Šis signāls tiek ievadīts arī augstuma simulatorā, dekodēts, un no tā ir iespējams novērtēt retranslators pareizu darbību režīmā «Augstums».

Izstrādātā ierīce ļauj simulēt augstumu diapazonā no 0 līdz 15305 metriem ar gradācijām 30,5 metri (100 pēdas).

Izstrādātā ierīce tiek izmantota studiju procesā.

**Aleksandrs Kutins**

## **Praktisko darbu organizēšana attālinātā režīmā, izmantojot vienkāršo simulācijas vides programmatūru**

### *Lab session organization remotely using simple simulation environment software*

Atslēgvārdi: laboratorijas darbs, elektronikas pamati, simulācija, «*Circuit JS*».

Viena no aktuālām problēmām attālinātā studiju kursa vadīšanā ir laboratorijas vai praktisko darbu organizēšana. Attālinātā režīmā praktisko darbu norise var prasīt vairāk laika nekā klātienē, turklāt ir grūtības arī ar studentu darba organizāciju, programmatūras stabilitu un pareizu darbību visiem studentiem, informācijas pieejamību un apgūstamību. Darba mērķis ir izskatīt praktisko darbu organizācijas piemēru aviācijas transporta programmas studiju kursā «Elektronikas pamati». Tiek izskatīta elektrisko ķēžu simulācijas vides «*Circuit JS*» izmantošana. Šī vide nav piemērota reāliem inženiertehnikiem uzdevumiem, taču ir bezmaksas, vispārējs, uzskatāms un viegli apgūstams simulācijas rīks, ar kuru var strādāt gan internetā, gan savā datorā.

Nopietna elektronikas vai elektrisko ķēžu simulācijas programmatūra ir īpaši sarežģīta, tai ir daudzas specifiskas nianšes, tās apgūšanai var būt nepieciešams atsevišķs priekšmets. Un šajā studiju kursā nopietno simulācijas programmatūru ir grūti izmantot par palīgu teorētisko pamatu apgūšanai. Vadot lekciju attālinātā režīmā, objektīvi ir grūtāk sekot līdzi tam, lai studenti ne tikai izpilda aprēķinu uzdevumus, izmantojot gatavas formulas, bet arī pareizi saprot darbības principus, spēj intuitīvi uztvert dažādu elektronisko ķēžu funkcionēšanu un dažādu mainīgo parametru ietekmi uz ķēdes darbību.

«*Circuit JS*» ietver visus nepieciešamos elementus vispārīgā formā, kas ir nepieciešami priekšmeta «Elektronikas pamati» apguves procesā, kā arī atbalsta visas nepieciešamās ķēdes dažādiem lietojumiem. Vispārīgā forma nozīmē to, ka netiek ņemti vērā dažādi reālu elementu parametri, kas ir norādīti datu lapās un spēj būtiski ietekmēt rezultātus, taču nepavisam nav nepieciešami teorētisko pamatu apgūšanā. «*Circuit JS*» nodrošina šādu funkcionalitāti:

- sprieguma dinamiskā vizualizācija pēc krāsas jebkurā ķēdes punktā;
- strāvas dinamiskā vizualizācija ar punktu plūsmu, kur plūsmas ātrums norāda strāvas stiprumu konkrētā punktā;



- elementu mainīgo parametru maiņa noteiktās robežās simulācijas laikā vizuālā saskarnē;
- dažādu parametru (spriegums, strāvas stiprums utt.) grafiskā vizualizācija vai virtuālais osciloskops jebkurā ķēdes punktā;
- simulācijas ātruma maiņa.

Šādas simulācijas vides iespējas palīdz studentam intuitīvi saprast elementu un ķēdes darbības principus un atkarību no dažādiem mainīgiem parametriem. Simulācijas videi ir vēl vairākas priekšrocības: viegla lietošana un vairāku platformu atbalsts, iespēja ātri un viegli uzbūvēt un testēt jebkuru ķēdi vai aprēķinu uzdevuma elementu. Tas dod studentam iespēju viegli pārbaudīt savus aprēķinus un uzdevuma rezultātus simulācijā, palīdz studentam pašam atrast kļūdas, konstatēt konkrētu zināšanu trūkumu vai nepareizu izpratni.

Iepazīšanās ar simulācijas vidi «*Circuit JS*» notiek ārpus tiešsaistes lekcijas laika. Lekcijas laikā studentiem tiek rādīts neliels piemērs reālā laikā par to, kā var izveidot kādas ķēdes simulāciju, taču tā, lai katrs students varētu mierīgi un bez lieka stresa iepazīties un saprast simulācijas vidi. Tika sagatavoti divi praktiskie mājasdarbi. Šo praktisko mājasdarbu sagatavošanas materiāls ietver instrukciju, kurā soli pa solim tiek parādīts, kā sākt lietot simulācijas vidi «*Circuit JS*» – veidot vienkāršo ķēdi, mainīt parametrus, veikt nepieciešamos mērījumus un izmantot osciloskopus. Praktisko mājasdarbu sagatavošanas materiāls ietver arī nepieciešamo teoriju, un tiek parādīts «soli pa solim» risināšanas piemērs. Noslēgumā tiek aprakstīta simulācijas modeļa veidošana, par pamatu ņemot izskatīto piemēru, izskaidroti novērojumi un izdarīti secinājumi. Lai praktiskais darbs nebūtu tikai iepriekšminētā sagatavošanas materiāla atkārtošana, materiāls ietver arī papildu uzdevumus, ko studentam jāizpilda pašam. Rezultātā students praktiskā uzdevumā iegūs simulācijas programmatūras izmantošanas prasmes, nenovirzoties no priekšmeta studiju programmas. Simulācijas vide tiks izmantota gan priekšmeta citos mājasdarbos, gan tālākās priekšmeta tēmas apgūvē.

**Pēteris Pavlovskis**

## **Studiju kursu uzlabošana, piesaistot nozares profesionāļus**

### *Improving study courses by attracting industry professionals*

Atslēgvārdi: studijas, profesionāļi, nozare.

Strādājot inženierijas un projektēšana nozarē un sadarbojoties ar dažādu nozaru ražotājiem, kā arī paralēli lasot lekcijas topošajiem inženieriem, ir radušies dažādi novērojumi par to, kā studiju kursus uzlabot, piesaistot nozares profesionāļus. Studijas varētu padarīt daudz interesantākas un vērtīgākas, ja tajās tiktu iesaistīti dažādos amatos un ražotnēs strādājošie mehānikas inženieri, aprēķinu inženieri, kā arī tehniskie direktori vai pat uzņēmumu vadītāji. Manuprāt, studentiem ir jārada lielāka interese par inženieriju un visu, kas ar to saistīts. Nepieciešama arī lielāka izpratne, jo, manuprāt, šobrīd studiju procesā ir pārāk maz reālas informācijas par to, kā notiek darbība uzņēmumos, kā tiek veidoti un vadīti projekti, kā nodod ražošanas failus, vai, piemēram, kā tiek organizēts darbs lidostā. Šo informāciju vislabāk būtu saņemt nevis no mācību literatūras vai ikdienā universitātē strādājošiem mācībspēkiem, bet gan no nozarē strādājošiem cilvēkiem. Lieliski būtu arī veidot regulāras ekskursijas uz dažādiem ar inženieriju saistītiem uzņēmumiem, piemēram, Latvijā ražotās ultravieglās lidmašīnas «Tarragon» ražotni vai kādu projektēšanas biroju, kur klātienē iespējams apskatīt, kā notiek procesi. Lielākais ieguvums būtu tieši sarunas ar strādājošiem inženieriem, viņu pieredzes stāsti. Tas noteikti vairāk motivētu studentus, kā arī sniegtu atbildes uz neskaidrajiem jautājumiem.

Šāda papildu izglītība noteikti palielinātu izpratni par studiju kursiem, kas tiek apgūti, jo pašiem studentiem tie bieži vien var šķist abstrakti un praksē nelietojami, tāpēc lieliski būtu, ja kādā no priekšmeta pirmajām lekcijām varētu piedalīties nozarē strādājošs inženieris vai kāds cits darbinieks, izklāstot dažādus faktus, reālus piemērus, kuros var noderēt priekšmetā mācītais, kā arī to, kā šīs zināšanas tiek izmantotas ikdienā.

Manuprāt, līdzīgu praksi, tikai daudz aptverošāk, būtu labi ieviest jau vidusskolā, lai palīdzētu jauniešiem izvēlēties savu dzīves ceļu, jo daudzi, kuri grib kļūt inženieri vai, piemēram, ārsti, nemaz nezina, kāda ir šīs profesijas ikdiena, kādas ir problēmas, ko jārisina, kāds ir darba tirgus un potenciālās darba vietas. Šāda neziņa vairo to, ka daudzi studenti pamet studijas, jo

saprot, ka tas, ko viņi, stājoties augstskolā, iedomājušies, nesaskan ar realitāti vai arī tomēr nav saistošs un interesants. Ļoti daudzi nestrādā tajā nozarē, ko apguvuši augstskolās. Vidusskolēni varētu, piemēram, reizi nedēļā doties uz kādu nozares uzņēmumu «ēnot» darbiniekus, uzdot jautājumus, klausīties informāciju par darba ikdienu. Esmu runājis ar daudziem uzņēmumu īpašniekiem, darbiniekiem un kolēģiem, kā arī ar vecākiem, kuru atvases drīz būs šādas izvēles priekšā. Saņemu apstiprinošas atbildes, ka tas palīdzētu izvēlēties, radīt interesi un degsmi, un tas ir pats galvenais.

Šāda veida pieeja studijām ļautu arī pašai nozarei iegūt labāk kvalificētus augstskolu absolventus, jo viņi, nonākot pirmajā darbavietā nozarē, jau būtu informēti, piemēram, par to, kā notiek lidaparātu apkopju maiņu darbs, kā nosūtīt kādu projektu vai kā nosaukt failus un veidot dokumentāciju. Lielākais ieguvums būtu intereses radīšana, kā arī praktiskā lietojuma skaidrojums tam, kas tiek mācīts augstskolā.

**Nikolajs Kuļešovs**

## **Pieredze lekciju kursa «Aviācijas materiāli un standarta daļas» docēšanā ārvalstu studentiem**

### *Experience in teaching the subject «Materials and Hardware» to foreign students*

Atslēgvārdi: *foreign students, aeronautical engineering, essential, English.*

The «Materials and Hardware» subject is mainly attended by foreign students from Asia, Africa, a small number of students from the post-Soviet republics and even less often from the EU or America. There is a significant difference between these groups of students in the level of preliminary training, both in general education disciplines and in the level of technical knowledge. A particular difficulty in perceiving the material is caused by the ambiguity of English words, when the usual meaning of the word has a completely different meaning in relation to technique and especially to aviation technique. This indicates the need for students to learn engineering terms and especially aeronautical engineering ones. For example, ram is an animal in its usual meaning, in a military sense it is a device for destroying obstacles, in a general technical sense – a power unit (pneumatic cylinder), in aviation – a type of a jet engine, in aerodynamics – a measure of the effect of an air flow.

The difficulty is also represented by the very difference in the level of training of students. If you build lectures on the level of training of students from India or Sri Lanka, then students from Europe and North America will not be very interested, as it often turns out that they already know this. Although acquaintance with specific samples of standard products used in aviation technology, as a rule, arouse increased interest among all groups of students since few of them have previously seen elements of real aviation structures or examples of using various technical solutions to implement the same tasks. At the same time, it is possible to demonstrate the principles of classification of such standard hardware, using as examples the same parts with some specific features that characterize the principles of their classification. For example, bolts of aircraft structures and their classification according to the shape of the bolt head, or rivets and their classification according to the alloy used in their production, etc.

As a rule, laboratory work is of great interest for all groups of students, and when they are carried out, the problem of a significant difference in the level of training of students also arises. And it is important to observe

some compromise when forming groups of students doing laboratory work together. If the groups are formed in accordance with their training level, then some groups will not have time to complete the laboratory work on time, or even will not cope with the task at all. And if you make up groups of students with significantly different levels of training, then in such groups all the work will most likely be done by more prepared students, and less prepared students will simply rewrite their results.

**Aloizs Lešinskis**

## **Par studiju kursu «Aeronautikas pamati» MTAF Aeronautikas institūtā**

*On the course «Basics of Astronautics» at The Institute  
of Aeronautics of the Faculty of Mechanical Engineering,  
Transport and Aeronautics*

Atslēgvārdi: astronautika, raķešu dzinēji, kosmiskie aparāti, kosmosa apguve.

Kopš 2020. gada jūlija Latvija ir Eiropas kosmosa aģentūras (ESA) asociētā dalībvalsts, ir pieņemta «Latvijas kosmosa stratēģija 2021.–2027. gadam», Rīgas Politehniskajā institūtā (RTU priekštecis) mācīties viens no kosmosa apguves teorētiķiem un pionieriem F. Canders, tomēr MTAF Aeronautikas institūtā joprojām netiek docēti studiju kursi, kas tieši saistīti ar kosmosa apguvi. Tāpēc tiek piedāvāts izstrādāt studiju kursu «Ievads astronautikā» vai «Aeronautikas pamati». Nosaukums varētu būt atkarīgs no tā, cik detalizēti programmā tiks apskatītas tālāk tekstā nosauktās tēmas.

1. Kosmosa apguves vēsture, terminoloģija, astronomijas pamati (zinātnieki – teorijas pamatlicēji, Krievijas, ASV, Ķīnas u. c. valstu galvenie sasniegumi kosmosa apgūvē, terminu «astronautika» un «kosmonautika» izcelsme un lietošana, Saules sistēma un visums).
2. Kosmisko lidojumu teorija (astrodinamikas pamati – kustība gravitācijas laukā, trajektorijas, orbitālie lidojumi, orbītu elementi, orbītu vadība, kosmisko aparātu sakabināšanās, nosēšanās, misiju uz planētām plānošana u. c.).
3. Kosmisko aparātu spēka iekārtas (reaktīvās kustības pamati, raķešu dzinēji, īpatnējais impulss, degvielu tipi, degvielas padeve, vienpakāpes un daudzpakāpju nesējaķetes, masas minimizēšanas metodes, ne-ķīmiskie dzinēji tālu kosmisko misiju atbalstam).
4. Kosmisko aparātu tipi, konstrukcija un galvenās sistēmas (pilotējamie kosmosa kuģi un automātiskie bezpilota aparāti, to sistēmas un derīgā krava, orbitālās stacijas, daudzkārt izmantojamie kosmiskie aparāti).
5. Kosmisko lidojumu vadība un kontrole (vadības un kontroles uzdevumi, koordinātu un lidojuma ātruma mērīšana, kosmiskie sakari, telemetriskā un trajektorijas kontrole, navigācija, orientācija, stabilizācija u. c.).
6. Virszemes kosmiskās sistēmas (starta kompleksi, vadības centri, mērījumu un sakaru stacijas, flote, piezemēšanās kompleksi, tālo kosmisko sakaru stacijas, mācību un treniņu centri u. c.).

7. Kosmiskā vide un tās ietekme uz kosmosa apguves tehniku un astronautiem (vakuums, mikrogravitācija, radiācija, kosmiskie gruži, psiholoģiskā slodze u. c.).
8. Lietišķā astronautika (satelītu kartogrāfija, satelītu sakari un apraide, satelītu zemes novērošana, satelītu navigācijas sistēmas un ģeodēzija, saules sistēmas un tālā kosmosa izpēte u. c.).
9. Orbitālās stacijas un misijas uz citām planētām un Mēnesi.
10. Kosmisko aparātu izmantošana militāriem mērķiem un starptautiskie līgumi par kosmosa izmantošanu.

Sākotnēji tiek piedāvāts docēt šo kursu Aeronautikas institūta maģistrantiem 3 vai 4 kredītpunktu apjomā.

Nākotnē praktiski katru no iepriekšminētajām tēmām iespējams izvērst par atsevišķu studiju kursu. Kursa «Astronautikas pamati» apgūšana lielā mērā mazinātu faktiski esošo populārzinātnisko pieeju saistībā ar kosmosa apguvi saistītiem jautājumiem un ieinteresētu veikt pētījumus un piedalīties projektos par kādu no minētajām tēmām.

# 02

## Daugavpils studiju un zinātnes centrs

- 33 Pievilkšanas momenta noteikšana nekustīgu vītņu savienojumu salikšanā dažādos triecienskrūvgrieža darba režīmos
- 36 Triecienskrūvgrieža elektroenerģijas patēriņa analīze, veicot nekustīgu vītņu savienojumu salikšanu
- 39 Attālinātās apmācības aspekti studiju kursā «Datorgrafika mašīnbūvē» un darba efektivitātes paaugstināšana
- 41 Transportlīdzekļos lietoto iekšdedzes virzuļmotoru kloķvārpstu izgatavošanā izmantojamo materiālu izvēle un izgatavošanas tehnoloģiju attīstība



Ivans Griņevičs, Guntis Sprīngis, Edgars Šīrons

## **Pievilkšanas momenta noteikšana nekustīgu vītņu savienojumu salikšanā dažādos triecienskrūvgrieža darba režīmos**

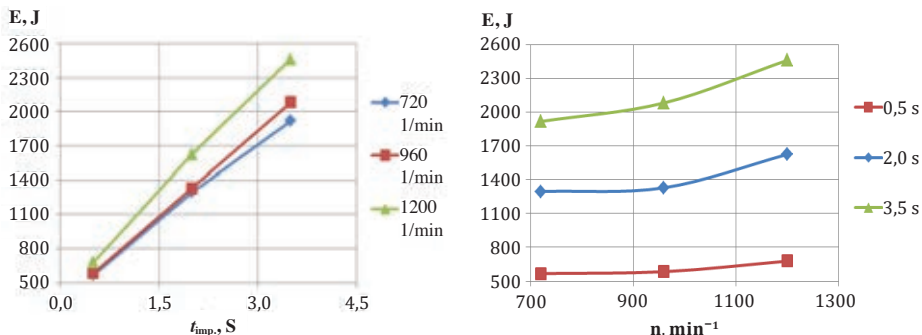
### *Determination of tightening torque when assembling fixed threaded joints at different operating modes of impact screwdriver*

Atslēgvārdi: pievilkšanas momenta noteikšana, skrūvētie savienojumi.

Nekustīgo vītņu savienojumu salikšanas procesā plaši tiek izmantoti elektriskie triecienskrūvgrieži. Tiem ir virkne priekšrocību, salīdzinot ar līdzīgas darbības hidrauliskajiem vai arī pneimatiskajiem instrumentiem – tiem ir patronas rotācijas frekvences regulēšanas iespējas, samērā neliels svars, kā arī tie ir augstražīgi. Galvenie elektriskā triecienskrūvgrieža tehniskie parametri ir: jauda; apgriezīnu skaits; maksimālais griezes moments. Triecienskrūvgrieži atšķiras no parastajiem (beztrieciena) analogiem ar ievērojami lielāku sasniedzamo pievilkšanas momentu pie iespējami mazākas atdeves uz instrumenta korpusu. Šāds efekts tiek sasniegts ar to, ka uz uzgriezni vai arī skrūves galviņu darbojas nevis pastāvīgs pievilkšanas spēks, bet gan virkne jaudīgu, bet pietiekami īsu triecienu, kas virzīti pa pieskari attiecībā pret skrūves galviņu. Gadījumā, kad instruments pāriet no pievilkšanas režīma uz triecienpievilkšanas režīmu, rotorgalviņas griešanās frekvence strauji krīt, savukārt rezultējošais moments pieaug, pie tam šī momenta summārā vērtība kļūst vienāda ar katra trieciena atsevišķo momentu summu.

Neskatoties uz triecienskrūvgrieža samērā plašo lietojumu, līdz šim brīdim nav instrumentu ražotāju rekomendāciju par triecienskrūvgrieža ekonomiskākajiem un efektīvākajiem darba režīmiem.

Izmantojot triecienskrūvgriezi nekustīgu vītņu savienojumu salikšanas procesā (nekontrolēta pievilkšana), uzgriežņa pievilkšanas momenti var mainīties samērā lielā diapazonā, tādējādi iegūto pievilkšanas momentu vērtības nevar tieši sasaistīt ar triecienskrūvgrieža elektroenerģijas patēriņu noteiktajos darba režīmos. Tomēr, ja ir vienādi salikšanas nosacījumi, rekomendēts samazināt triecienmehānisma darba laiku. Sākumā iestatītajiem apgriezieniem nav lielas ietekmes uz triecienskrūvgrieža elektroenerģijas patēriņu. Konkrētajam triecienskrūvgriežim elektroenerģijas patēriņš atkarībā no



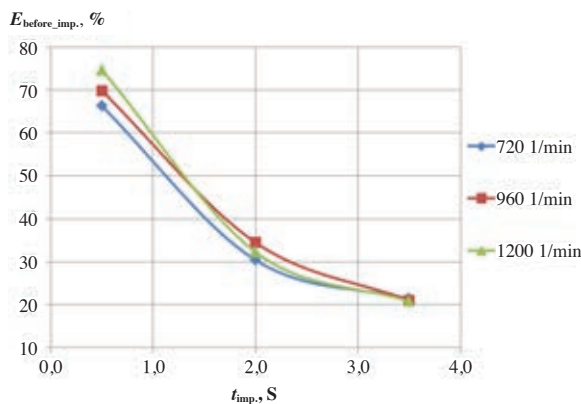
1. att. Elektroenerģijas patēriņš atkarībā no:

- trīcienmehānisma darba laika izvēles un fiksētajiem sākumā iestatītajiem rotorgalviņas apgriezieniem;
- sākumā iestatīto rotorgalviņu apgriezienu izvēles un fiksētā trīcienmehānisma darba laika.

trīcienmehānisma darba laika (0,5 s, 2,0 s vai 3,5 s) un nemainīgiem sākumā iestatītiem rotorgalviņas apgriezieniem svārstās 70...72 % (1. a att.) robežās, taču atkarība no sākumā iestatītiem rotorgalviņas apgriezieniem (720  $min^{-1}$ , 960  $min^{-1}$  vai 1200  $min^{-1}$ ) un nemainīga trīcienmehānisma darba laika ir 16...22 % (1. b att.).

Analizējot procentuālo attiecību starp elektroenerģijas patēriņu līdz trīcienmehānisma nostrādāšanai un kopējo elektroenerģijas patēriņu, secināts, ka pie mazāka trīcienmehānisma darba laika ietekme uz kopējo elektroenerģijas patēriņu ir būtiska (2. att.).

Ņemot vērā pētījumu rezultātus, veicot nekustīgu vītņu savienojumu salikšanu ar nelielu trīcienmehānisma darba laiku, rekomendēts izvēlēties skrūves ar minimālu izvirzījumu attiecībā pret uzgriezni (saliktā stāvoklī), līdz ar to samazinot saskrūvēšanas garumu, ar ko ir arī saistīts elektroenerģijas



2. att. Procentuālā attiecība starp elektroenerģijas patēriņu līdz trīcienmehānisma nostrādāšanai un kopējo elektroenerģijas patēriņu, veicot nekustīgu vītņu savienojumu salikšanu pie noteikta trīcienmehānisma darba laika un sākumā iestatītiem fiksētiem apgriezieniem.

patēriņš līdz triecienmehānisma nostrādāšanai. Veicot salikšanu ar lielāku triecienmehānisma darba laiku, saskrūvēšanas garuma ietekme uz kopējo enerģijas patēriņu samazinās.

### **Izmantotā literatūra**

1. Theodore W.: *Electrical Machines, Drives and Power Systems, 6/E*, Spherika Enterprises Ltd. Prentice Hall, 2006.
2. Miller, T. J. E., McGilp, M. I., Staton, D. A., & Bremner, J. J. (1999). *IEE Proceedings Electric Power Applications*, SPEED Lab.: Glasgow Univ.
3. Maxon DC motor and Maxon EC motor Key information, [http://www.maxonmotor.com/medias/sys\\_master/8802918268958/maxon-Formelsammlung-e.pdf?attachment=true](http://www.maxonmotor.com/medias/sys_master/8802918268958/maxon-Formelsammlung-e.pdf?attachment=true).

Ivans Griņevičs, Guntis Sprīngis

## Triecienskrūvgrieža elektroenerģijas patēriņa analīze, veicot nekustīgu vītņu savienojumu salikšanu

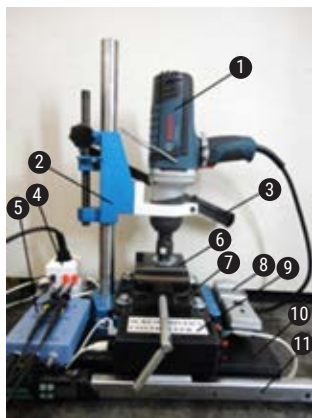
### *Analysis of power consumption for the impact screwdriver when assembling fixed threaded connections*

Atslēgvārdi: elektroenerģijas patēriņš, vītņu savienojums, triecienskrūvgriezis, automatizētais salikšanas process.

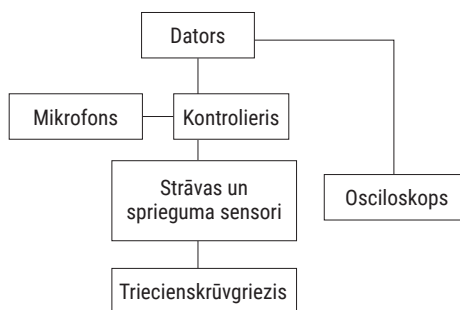
Triecienskrūvgriežus izmanto daudzās nozarēs – automobiļu būvē, smagajā rūpniecībā, ķīmiskajā rūpniecībā u. c. Galvenie elektriskā triecienskrūvgrieža tehniskie parametri ir jauda, apgriezienu skaits un maksimālais griezes moments.

Šajā apskatā uzmanība pievērsta triecienskrūvgrieža elektroenerģijas patēriņa samazināšanas iespējām, veicot nekustīgu vītņu savienojumu salikšanu.

Tika izveidota iekārta (1. att.), ar kuras palīdzību, mainot triecienskrūvgrieža rotorgalviņas sākumā iestatītos apgriezienu un triecienmehānisma darba laiku, noteikts elektroenerģijas patēriņš.



a)



b)

#### 1. att. Mērījumu aparatūra:

a) eksperimentālās iekārtas kopskats; b) iekārtas blokhēma:

- 1 – triecienskrūvgriezis; 2 – statīva kustīgā daļa; 3 – rokturis; 4 – devēju bloks; 5 – USB oscilogrāfs; 6 – metāliskās plāksnes; 7 – skrūvspīles; 8 – rokas tahometrs; 9 – kontrolieris; 10 – metāla plāksne; 11 – dinamometriskā atslēga.

Iekārta sastāv no elektriskā triecienskrūvgrieža *Bosch GDS 18 E*, kas ir piestiprināts pie statīva kustīgās daļas (2). Statīvs ir nostiprināts uz metāla plāksnes (10), tās izmēri – 300 mm x 450 mm x 40 mm, kas savukārt ir pieskrūvēta pie nekustīga pamata. Uz statīva pamatnes ir piestiprinātas skrūvspīles (7) divu metālisko plāksņu ar izmēriem 90 mm x 85 mm x 12 mm (6) un bultskrūves nostiprināšanai ar L veida kronšteinu palīdzību. Eksperimentam izvēlētas bultskrūves M16 ar garumu 40 mm un stiprību 10,9 pēc *DIN 933* standarta. *Bosch GDS 18 E* triecienskrūvgriezis tiek pieslēgts tīklam ar kontroliera (9) palīdzību, kas tiek vadīts no datora. Triecienskrūvgriezis tiek pārvietots vertikālā virzienā ar rokturi (3). Dinamometriskā atslēga (11) izmantota pievilkšanas momenta noteikšanai pēc atskrūvēšanas momenta. Jaudas noteikšanai tika izmantots *USB* osciloskops (*Picoscope 2205*) (5). Rotorgalviņas apgriezieni tika mērīti, izmantojot *ALLURIS* rokas tahometru (8). Eksperimenta rezultāti ļauj izprast ekonomiskos triecienskrūvgrieža darba režīmus un parāda zināmas sakarības, un, pamatojoties uz tām, tika izveidotas svarīgas rekomendācijas. Iegūtā procentuālā attiecība starp elektroenerģijas patēriņu līdz triecienmehānisma nostrādāšanai un kopējo elektroenerģijas patēriņu dod priekšstatu par elektroenerģijas patēriņa sadalījumu nekustīgo vītņu savienojumu salikšanas procesā.

Mainot rotorgalviņas iestatītos sākuma apgriezienus (720, 960, 1200) un triecienmehānisma darba laiku, tika noteikts triecienskrūvgrieža elektroenerģijas patēriņš. Eksperimenta gaitā elektroenerģijas patēriņa vērtību starpība izvēlētajās mērījumu kombinācijās nepārsniedza 10 %, kas ļauj spriest par zināmu eksperimenta precizitāti.

Šajā eksperimentā tiek secināts, ka konkrētajam skrūvgriezim elektroenerģijas patēriņš pieaug par 13...18 % (atkarībā no iestatītajiem rotorgalviņas sākuma apgriezieniem), palielinot bultskrūves M6 saskrūvēšanas garumu par 5 mm. Masveida nekustīgo vītņu savienojumu salikšanā, kur tiek izmantoti akumulatora skrūvgrieži, nepamatoti palielinot saskrūvēšanas garumu, ir jārēķinās ar papildu elektroenerģijas patēriņu un lielāku salikšanas laiku, kas kopējā salikšanas procesā var summēties un kļūt ievērojams. Diemžēl ražotāji to bieži vien ignorē, un to apliecina lielais sastopamo nekustīgo savienojumu skaits ar nepamatoti palielinātu saskrūvēšanas garumu.

Šis eksperiments ļauj secināt arī to, ka, samazinot pievilkšanas momenta vērtību, elektroenerģijas patēriņa ekonomija var pieaugt vēl vairāk. Tas saistīts ar to, ka, samazinot pievilkšanas momenta vērtību, samazinās arī minimālie iespējamie iestatītie sākuma apgriezieni, kas prasa mazāku elektroenerģijas patēriņu rotorgalviņas ieskriešanās nodrošināšanai, līdz ar to saskrūvēšanas garuma ietekme uz kopējā elektroenerģijas patēriņa fona palielinās. Ja tiek palielināta pievilkšanas momenta vērtība, elektroenerģijas patēriņa ekonomija samazinās. Tas saistīts ar to, ka, palielinot pievilkšanas momentu, pieaug arī minimālie iespējamie iestatītie sākuma apgriezieni, kas prasa lielāku

elektroenerģijas patēriņu rotorgalviņas ieskriešanai, līdz ar to saskrūvēšanas garuma ietekme uz kopējā elektroenerģijas patēriņa fona samazinās.

### Izmantotā literatūra

1. Theodore W.: *Electrical Machines, Drives and Power Systems, 6/E*, Spherika Enterprises Ltd. Prentice Hall, 2006.
2. Miller, T. J. E., McGilp, M. I., Staton, D. A., & Bremner, J. J. (1999). *IEE Proceedings Electric Power Applications*, SPEED Lab.: Glasgow Univ.
3. Maxon DC motor and Maxon EC motor Key information, [http://www.maxonmotor.com/medias/sys\\_master/8802918268958/maxon-Formelsammlung-e.pdf?attachment=true](http://www.maxonmotor.com/medias/sys_master/8802918268958/maxon-Formelsammlung-e.pdf?attachment=true).

**Guntis Sprinģis, Ivans Griņevičs**

## **Attālinātās apmācības aspekti studiju kursā «Datorgrafika mašīnbūvē» un darba efektivitātes paaugstināšana**

*Aspects of distance learning for the study course  
Computer Graphics in Mechanical Engineering and work  
efficiency increasing*

Atslēgvārdi: *AutoCAD*, rasēšana, standarti, darba efektivitāte.

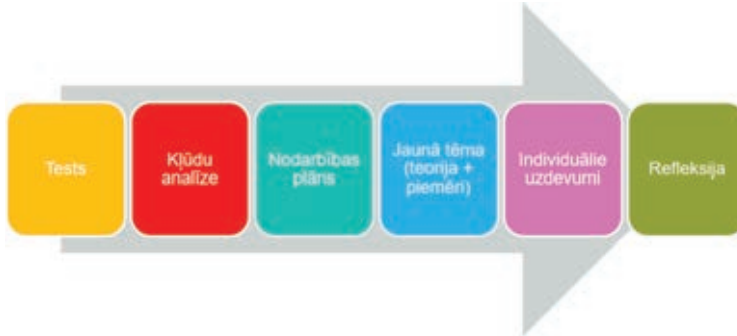
Studiju kursu «Datorgrafika mašīnbūvē» apgūst mehatronikas specialitātes studenti. Tā mērķis – iegūt praktiskas iemaņas rasējumu izstrādāšanā un noformēšanā, apgūstot LV un ES standartus tehniskajā komunikācijā, kā arī apgūt *AutoCAD* programmas lietošanu.

Kursa apguvei attālināti rodas nepieciešamība izmantot papildu rīkus un metodes informācijas labākai sniegšanai un atgriezeniskās saites nodrošināšanai. Lekcijas materiāls tiek pasniegts gan prezentācijas formā, gan arī mācībspēka datora ekrāna iespējošana, demonstrējot attiecīgo *AutoCAD* programmas komandu darbību un iespējas, paskaidrojot tās funkcionālo nozīmi, kā arī atsevišķos gadījumos uzsverot lietošanas specifiku. Vienas konkrētas nodarbības struktūra ir redzama 1. attēlā (šāda struktūra nav piemērojama pilnīgi visām nodarbībām).

Atsevišķu nodarbību sākumā studentiem ir jāizpilda tests par iepriekšējā nodarbībā apgūto tematu. Iepriekšminētajos testos iegūtie rezultāti tiek ņemti vērā studiju kursa galavērtējuma izlikšanas laikā.

Nodarbības turpinājumā var tikt veikta mājās uzdoto uzdevumu īsa analīze, parādot konkrētus rasējumus (neminot rasējumu autoru), tādējādi koncentrējot visas grupas uzmanību uz pieļautajām rupjākajām kļūdām un to iespējamajiem rašanās cēloņiem.

Informācijas labākai apgūšanai un praktisko iemaņu attīstības veicināšanai studentiem tiek izdoti gan vingrinājumi, kas jāspēj izpildīt praktiskās nodarbības laikā, gan arī mājasdarbi, tādējādi ļaujot nostiprināt iegūtās zināšanas. Nepieciešamības gadījumā students var ļaut mācībspēkam attālināti piekļūt izpildāmajam rasējumam, kas ļauj efektīvāk izskaidrot konkrētas komandas darbību, kā arī uzskatāmi parādīt radušos kļūdu un tās novēršanas iespējas.



1. att. Nodarbības gaita studiju kursā «Datorgrafika mašīnbūvē».

Nodarbību laikā studenti pakāpeniski tiek iepazīstināti ar darba efektivitātes paaugstināšanas metodēm, kas attiecīgo darbību *AutoCAD* programmā ļauj veikt ātrāk, izmantojot darba optimizēšanas metodes un «karsto taustiņu» kombinācijas.

Pēc nodarbības studentiem ir piekļuve kodolīgai videolekcijai, kas palīdz atkārtot apgūto informāciju un sagatavoties nākamajā nodarbībā plānotajam testam zināšanu pārbaudei.



Guntis Sprinģis, Ivans Griņevičs

## Transportlīdzekļos lietoto iekšdedzes virzuļmotoru kloķvārpstu izgatavošanā izmantojamo materiālu izvēle un izgatavošanas tehnoloģiju attīstība

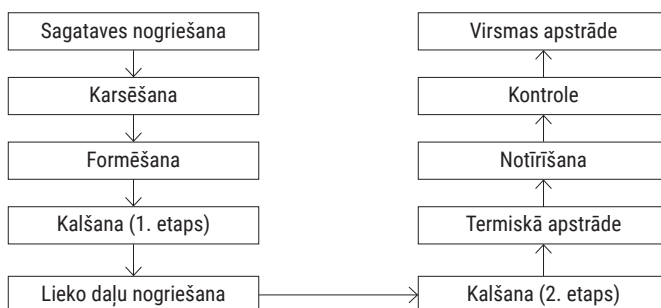
### *Selection of materials used in the manufacture of vehicles' piston engine's crankshafts and development of crankshafts' manufacturing Technologies*

Atslēgvārdi: virzuļmotora kloķvārpsta, izgatavošanas materiāli, izgatavošanas tehnoloģijas.

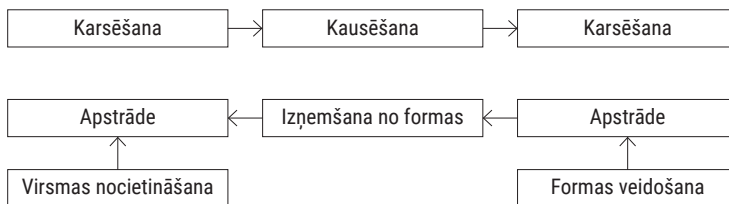
Kloķvārpsta ir viens no svarīgākajiem un dārgākajiem iekšdedzes virzuļmotora konstrukcijas elementiem, kas uzņem periodiskas mainīgas slodzes no gāzes spiediena radītiem spēkiem, kā arī kustīgo un rotējošo masu inerces spēkus. Jāatzīmē, ka kloķvārpstu ražošanas tehnoloģiskā procesa uzlabošana ir viens no izšķirošajiem faktoriem motoru kalpošanas laika palielināšanā.

Pareizi izvēlēta kloķvārpstas izgatavošanas materiāla, kā arī projektēšanas un tehnoloģisko pasākumu kompleksa rezultātā iespējams samazināt atlikušos spriegumus materiāla šķiedrās, samazināt spriegumu koncentratoru iedarbību, uzlabot sagataves formēšanas apstākļus un termisko apstrādi, kā arī izmantot dažādas izturības palielināšanas un kvalitātes uzlabošanas metodes.

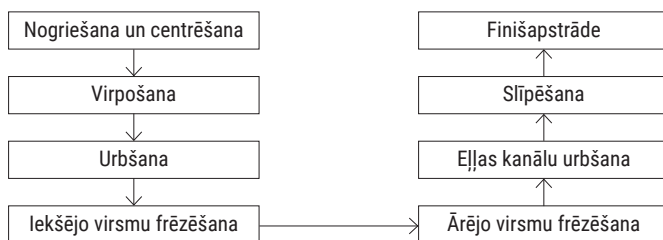
Kopumā jānosauc trīs galvenās kloķvārpstas izgatavošanas metodes: kalšana (1. att.), liešana (2. att.) un mašīnapstrāde (3. att.).



1. att. Kloķvārpstas izgatavošana kaļot.



2. att. Kloķvārpstas izgatavošana lejoj.



3. att. Kloķvārpstas izgatavošana, izmantojot apstrādes metodes ar skaidas noņemšanu.

Attīstoties tehnoloģijām, arvien aktuālākas kļūst arī prototipēšanas metodes.

Runājot par kloķvārpstu izgatavošanas un apstrādes tehnoloģiju attīstību, nedrīkst aizmirst *CNC* darbgaldu lietošanas ieviešanu, kā rezultātā tiek panākts darba ražīguma pieaugums.

### Izmantotā literatūra

1. Prajakta P. Pawar, Dr. Santosh D. Dalvi, Santosh Rane, Dr. Chandra Babu Divakaran. Evaluation of Crankshaft Manufacturing Methods – An Overview of Material Removal and Additive processes, 2015, Volume: 02 Issue: 04. e-ISSN: 2395-0056.
2. Haruyoshi K., Dr. Hiroyuki M. Technical Developments and Recent Trends in Crankshaft Materials, Kobelco Technology Review No. 26 Dec. 2005.

# 03

## Mehānikas un mašīnbūves institūts

- 44 Industriālā dizaina katedra**
- 44 Radošo virzienu izaicinājumi praktisko studiju kursu nodrošināšanā
- 46 Studentu motivācija katra darba grupas dalībnieka līdzvērtīgai iesaistei studiju moduļa apgūvē
- 48 Mašīnbūves un mehatronikas katedra**
- 48 Projektējamās konstrukcijas drošuma nodrošināšana
- 50 Praktisko un laboratorijas darbu organizācijas veidi pandēmijas apstākļos
- 52 Dilšanas procesa pētījumu rezultātu lietojums projektēšanā
- 54 Ekscentriski slogotas kakta šuves nestspējas novērtēšana
- 57 Automatizētā konstruktoru dokumentāciju veidošana
- 59 Studiju kursa «Datorgrafika mašīnbūvē» nepieciešamība topošo speciālistu sagatavošanā
- 61 Attālinātās studijas kursā «Mašīnbūves iekārtu piedziņa un vadība»
- 63 Situāciju imitācijas paņēmiena izmantošana studiju kursā «Patentzinību pamati»
- 65 Biežāk sastopamie saspiesta gaisa sistēmu atteikumi
- 68 Jaunākie risinājumi hidrauliskajās sistēmās
- 70 *LEAN* pamatprincipu izmantošana studiju darba organizācijā
- 72 Augstas izturības tēraudu *MAG* metināšanas pētījumu aktualitātes
- 74 Teorētiskās mehānikas un materiālu pretestības katedra**
- 74 Programma *Mathcad* – drošs rīks studentu rokās
- 76 Fundamentāla priekšmeta «Materiālu pretestība» attīstība, lietojot mūsdienu datorprogrammas
- 78 Priekšmeta «Mehānika» digitalizācija ESF projektā «Rīgas Tehniskās universitātes efektīvas pārvaldības attīstība»
- 80 Siltumenerģētisko sistēmu katedra**
- 80 Siltumapgādes sistēmas konstruēšanas grafiskā vide
- 82 Klimatneitralitāte, tehnogēno risku mazināšana un atjaunojamo energoresursu izmantošana siltumapgādē un enerģētikā
- 85 Vides pārvaldības mašīnbūvē integrēšana ar dzīves cikla analīzi

# Industriālā dizaina katedra

---

**Evija Krīgere, Elīna Bože-Irbe, Arvīds Endziņš, Anita Geriņa-Ancāne**

## **Radošo virzienu izaicinājumi praktisko studiju kursu nodrošināšanā**

### *Challenges of creative field to secure practical studies*

Atslēgvārdi: students, studiju prakse, pieredzē balstīts, attiecību veidošana, komunikācija.

21. gadsimtā attālināta studiju pieredze nav nekas neparasts, taču attālinātās studijas ir izaicinājums gan studentiem, gan mācībspēkiem. Līdz šim attālinātās studijas vairāk tika saistītas ar papildizglītību cilvēkiem, kas jau strādā, atrodas citā pilsētā vai valstī. Saistībā ar *Covid-19* izraisīto pandēmiju šāda studiju un darba prakse ienāca gan pirmskolas izglītības iestādēs, gan universitātēs un darba vidē. Ir skaidrs, ka praktiskos priekšmetus apgūst darot. Atklājās arī attālināto studiju blaknes – dažādas tehniskas dabas problēmas, psiholoģiskie un fiziskie faktori, piemēram, motivācijas trūkums, nogurums, nemainīga darba vide, dažādas tehnoloģiju izmantošanas iespējas un fiziska, klātesoša kontakta trūkums.

### **Pieredzē balstīta studiju prakse**

Students apgūst vielu, izmantojot un analizējot mājās pieejamos materiālus, piemēram, dažādu produktu iepakojuma izpēte ietver gan kompozīcijas apguvi (krāsu psiholoģisko un emocionālo nozīmi), gan ziņas nodošanu patērētājam, materialitāti un formu. Iepakojumu izpēte veido izpratni par produkta lietojumu, ilgtspēju un kalpo kā komunikācijas veids starp produktu un patērētāju. Students pamato savu pieredzi produkta izvēlē un apkopo galvenos faktoros. Izjaucot un saliekot atpakaļ iepakojumu, iespējams analizēt iepakojuma uzbūvi un formas izveidi, izmantotos materiālus, veikt mērījumus un veidot rasējumus. Šādā veidā, ja studentu ir daudz, viņi strādā grupā, ja maz – individuāli, iespējams aptvert plašāku produktu analīzi nekā tad, ja vienam studentam jāanalizē lielāks produktu izpētes skaits. Kopīgs darbs grupā palīdz studentiem saliedēties un vairāk iepazīt savus kolēģus. Students,

ņemot vērā personīgo un kolēģu pieredzi, gan tieši, gan netieši iepazīstas ar dažādu studiju priekšmetu pamatiem. Mācībspēks savukārt veic individuālā vai grupas darba izvērtējumu un nepieciešamības gadījumā piedāvā papildu aktivitātes mājasdarba vai testa formā padziļinātākai tēmas izpētei vai zināšanu pārbaudei. Nodarbības beigās students pats ir veicis izpēti un nonācis pie secinājumiem saistībā ar konkrēto tēmu, kā arī spēj to salīdzināt ar citiem piemēriem.

Autori piedāvā iepazīties ar jaunākajiem pētījumiem par šo tēmu: <https://www.dpublication.com/wp-content/uploads/2020/11/27-427.pdf>; Linde Loes Vergroesen 2020 <https://www.eduflow.com/blog/the-top-challenges-for-e-learning-instructional-design-in-2020>.

### Izmantotā literatūra

1. Milman, N. B. (2012). The flipped classroom strategy: What is it and how can it best be used? *Distance Learning*, 9(3), 85–87.
2. Gary A. Berg <https://www.britannica.com/topic/distance-learning>.
3. Dorothy Ofoha, PhD National Open University of Nigeria <https://www.westga.edu/~distance/ojdla/summer162/ofoha162.html>.
4. Kolb, A. Y., & Kolb, D. A. (2005). Learning Styles and Learning Spaces: Enhancing Experiential Learning in Higher Education. *Academy of Management Learning & Education*, 4(2), 193–212.
5. Michaelsen, L. K., & Sweet, M. (2011). Team-based learning. *New Directions for Teaching and Learning*, 2011(128), 41–51. doi:10.1002/tl.467.

**Anita Geriņa-Ancāne, Evija Krīgere, Arvīds Endziņš**

## **Studentu motivācija katra darba grupas dalībnieka līdzvērtīgai iesaistei studiju moduļa apguvē**

### *Students motivation in the equal involvement of each participant of group work in the acquirement of studies module*

Atslēgvārdi: modulis, ideju ģenerēšana, radošuma veicināšana, domāšanas veidi.

Mūsdienu efektīvs studiju process nav iedomājams bez studiju moduļa iekļaušanas katrā no studiju programmām, kas vērsts uz apmācību, lai sekmētu kopīgus mērķus un sasniedzamos studiju rezultātus. Tā iekļaušana visu nozaru bakalaura līmeņu studiju programmās ir obligāta prasība, ko nosaka Latvijas likumdošana. Galvenais moduļa uzdevums ir dot zināšanas uzņēmējdarbības pamatos, kur studiju process notiek uz simulēta uzņēmuma struktūras bāzes, radot vidi un to problēmsituācijas, kas līdzvērtīgas reālā uzņēmējdarbībā.

Galvenā problēma – studentu sākotnējā nespēja iesaistīties grupu darbā, kā arī vājš ideju ģenerēšanas līmenis, kur papildu uzsvars sākotnēji jāliek uz radošuma metodoloģiju izmantošanu, kas sekmē radošu pieeju ideju koncepciju skici izstrādē, apmierinot identificētās problēmas dominējošo vajadzību no lietotāja skatupunkta [1; 2]. Otra problēma – studentu grupas iekšējās komunikācijas trūkums, neraugoties uz mūsdienu plašo tehnoloģisko iespēju klāstu. Bieži vien grupas vadītājs ir ne tikai grupas dzinējspēks, bet arī galvenais praktisko grupas darbu veicējs, kas manāms tās pašas tēmas individuālā pārbaudes darba vērtējumā [3].

Attīstot studentos daudzpusīgu domāšanas veidu un saliedētu grupas darbu, liela nozīme ir vadošā mācībspēka mentorēšanai – spējai rast daudzpusīgu pieeju katras grupas problēmsituācijām, lai motivētu un ieinteresētu, taču tajā pašā laikā gala lēmumu atstātu pašas grupas pārziņā [4; 5]. Radošuma metodoloģijas pieeja tehnisko zinātņu studentiem veicina labāku izpratni par nestandarta problēmsituācijām, jo sistemātisks domāšanas process sekmē jaunrades attīstību tās augstākajos līmeņos. Studiju moduļa gala koncepcijas reāla prototipa izstrāde un simulētās uzņēmējdarbības vides finanšu aprēķins daļai studentu dod motivāciju attīstīt savas idejas, piedaloties dažādos ideju attīstības projektos, kas savukārt sekmē papildu pieredzes un zināšanu gūšanu pēc sekmīga studiju moduļa apguves perioda.

## Izmantotā literatūra

1. Michaelsen, L. K., & Sweet, M. (2011). Team-based learning. *New Directions for Teaching and Learning*, 2011 (128), 41–51. doi:10.1002/tl. 467 p.
2. George Kalmpourtzis. *Educational Game Design Fundamentals: A Journey to Creating Intrinsically Motivating Learning Experiences*. A K Peters/CRC Press; 1st edition 2018, 159–164 pp.
3. Paul B. Paulus, Mary Dzindolet, and Nicholas W. Kohn. Collaborative Creativity-Group Creativity and Team Innovation. University of Texas at Arlington, Arlington, TX; Cameron University, Lawton. *Handbook of Organizational Creativity* (pp.327-357), 2012, DOI: 10.1016/B978-0-12-374714-3.00014-8.
4. Taura Toshiharu, Nagai Yukari. *Concept Generation for Design Creativity, A Systematized Theory and Methodology*, Springer-Verlag London, 2013, 172 p.
5. J. Muraškovskis. *Talantīgas domāšanas «NOSLĒPUMI»*, Fonds Asni, SIA Talsu Tipogrāfija, 2015, ISBN 978-9934-14-663-3, 426 lpp.

# Mašīnbūves un mehatronikas katedra

---

**Oskars Liniņš, Ernests Jansons, Jānis Lungevičs**

## **Projektējamās konstrukcijas drošuma nodrošināšana**

### *Ensuring the safety of the designed structure*

Atslēgvārdi: konstrukciju drošums, spriegums, statiskais slogojums, dinamiskais slogojums.

Jaunas tehniskas iekārtas projektēšana ir komplekss, specifisks radošā darba veids, kas ietver gan zinātnisku darbu, gan māksliniecisku jaunradi. Tā nav iespējama bez teorētiskas un plašas inženiera konstruktora sagatavotības.

Iekārtas radīšana sākas ar zinātnisko prognozēšanu, t. i., pierādot projektējamās iekārtas lietderību, ņemot vērā zinātniski tehnisko progresu, lai projektējamā iekārta, mehānisms vai ierīce nebūtu morāli novecojusi vēl pirms tās izlaides. Lai izstrādātu jaunas iekārtas darbības principus un uzlabotu tās raksturlielumus, veic zinātniski tehnisko izpēti, analizē literatūru un veic patentu pētījumus, veic teorētiskos un eksperimentālos darbus. Pirmajā projektēšanas etapā tiek izveidots iekārtas kopējais veidols, izvērtēts tās darbības rezultāts un formulēta konstrukcijas vispārējā koncepcija.

Izmantojot iegūto informāciju, tiek veikta iekārtas projektēšana ar nepieciešamajiem aprēķiniem, kas nodrošinās konstrukcijas drošumu.

Daudzas prasības, ko uzstāda iekārtai, attiecas uz atsevišķiem tās mehānismiem un to detaļām. Lai pareizi uzkonstruētu detaļu, pareizi jāizvēlas materiāls, detaļas forma, izmēri un to pielāgšana, virsmas apstrādes kvalitāte, kas jāapstiprina ar aprēķiniem.

Detaļas ģeometrisku formu un izmērus nosaka:

- detaļai uzstādītās funkcijas;
- detaļu savstarpējais stāvoklis;
- spēki, kas iedarbojas uz detaļu;
- detaļas deformācijas veids;
- materiāla īpašības;
- izgatavošanas un salikšanas tehnoloģija u. tml.



Reālām detaļām ir komplicēta forma, to saskares vietā darbojas mainīga lieluma spēki un momenti, tāpēc detaļu izturības aprēķinus veic, vienkāršojot aprēķina shēmas un pat aprēķinu sakarības. Šajā gadījumā, lai nodrošinātu konstrukcijas drošumu, jālieto drošuma koeficienti. Konstrukcija būs droša, ja faktiskais spriegums  $\delta$  būs mazāks par pieļaujamo  $[\delta]$ . Pieļaujamo spriegumu var iegūt  $[\delta] = \delta B/n$  statiskā slodzē.

Konstrukcijas drošumu var novērtēt arī dinamiskā slogojuma gadījumā, papildus ievērojot citus koeficientus, kas nosaka detaļu mēroga ietekmi –  $\xi$ , sprieguma koncentrāciju –  $k'$  un virsmas apstrādi –  $\beta$ .

Atsevišķos gadījumos detaļu drošumu var novērtēt, veicot kontaktizturības, stabilitātes un nodilumizturības aprēķinus. Katrā aprēķina situācijā jāņem vērā konkrētā procesa īpatnības, veikto aprēķinu precizitāti un to, kā tas ietekmē projektējamās iekārtas darbību.

Aprēķinus var pārbaudīt un analizēt, izmantojot plaši pieejamas dažādas CAE programmatūras.

**Jānis Kaņeps, Armands Leitāns, Ernests Jansons**

## **Praktisko un laboratorijas darbu organizācijas veidi pandēmijas apstākļos**

### *Types of organization of practical and laboratory work in pandemic conditions*

Atslēgvārdi: praktiskie darbi, laboratorijas darbi, strādāšana attālināti, metodes.

Vislielākās grūtības studijās pandēmijas apstākļos rada praktisko un laboratoriju darbu organizācija.

Patlaban laboratorijās strādāt nav atļauts. Līdzīga situācija ir ar praktiskajām nodarbībām, kas tradicionāli norisinās datorklasēs, kur tiek apgūta dažādu uzdevumu risināšana ar specializētām datorprogrammām. Studentiem nepieciešamā programmatūra parasti ir pieejama personīgajos datoros, taču problēmas rada tās apgūšana un uzdevumu risināšana mājas apstākļos bez tiešas mācībspēka līdzdalības šajā procesā.

Internetā var atrast mācību materiālu video formātā, kas ļauj samērā efektīvi apgūt datorprogrammas. Šo video apmācību pamatā ir datora ekrānā veikto darbību ieraksts komplektā ar verbāliem komentāriem. Tomēr esošie mācību video bieži vien neatbilst RTU studiju kursu plāniem un iecerēm, un tiem ir arī citi trūkumi. Tādēļ šādus materiālus vislabāk veidot pašiem. Tas ir izmēģināts, un ir saņemtas daudzas pozitīvas studentu atsauksmes, kas apliecina to, ka šādi palīgmateriāli ievērojami palīdz studijās.

Būtu labi, bet nav reāli, ka katrs mācībspēks šādus darbus varētu paveikt ar dārgu, sarežģītu, profesionālu programmatūru. Tomēr pieklājīgas kvalitātes noderīgus mācību materiālus var izveidot arī ar brīvi pieejamu, vienkāršu bezmaksas programmatūru. Varam informēt, kādu datorprogrammu komplektu iespējams izmantot šādu darbu veikšanai, taču alternatīvu iespēju skaits ir milzīgs.

Datora ekrānā veiktās darbības var ierakstīt, izmantojot bezmaksas programmatūru *Free Cam*. Šī ir vienkārša un ātri apgūstama programma. Ierakstot video ar to, ir jāizšķiras par kompromisu starp video kvalitāti un faila apjomu. Šobrīd visizplatītākā datoru ekrānu izšķirtspēja ir 1920 × 1080 pikseļi, kas ļauj ierakstīt video *FHD* kvalitātē. Kadru frekvence ierakstā būs ierobežota līdz 15 kadriem/sekundē. Šāda lietojuma video tā ir pilnīgi pietiekama. *FHD* attēla kvalitāte būs laba, taču faila apjoms – samērā liels. Tādēļ var nākties samazināt ekrāna izšķirtspēju, kas tomēr saglabā pieņemamu attēla kvalitāti

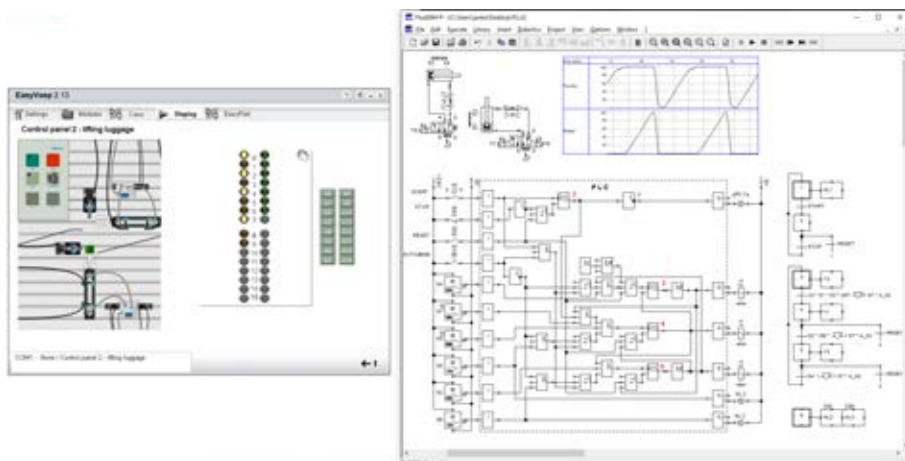
konkrētajam ierakstam. Domājams, ka izšķirtspēja  $1280 \times 720$  vairumā gadījumu ir pietiekama, taču faila apjomu tā ievērojami samazinās. Lai pieņemtu labāko lēmumu, ieteicams iepriekš veikt izmēģinājuma ierakstus. Minētajai datorprogrammai ir vēl vismaz divi būtiski ierobežojumi, kas ir novēršami, veicot ierakstītā materiāla pēcapstrādi, izmantojot papildu programmatūru. Ierakstam tiek piedāvāts tikai viens faila apjoma ziņā ne pārāk ekonomisks datu formāts – *WMV*, un tam nav paredzēta ierakstītā materiāla rediģēšana.

Ar *Free Cam* ierakstīto materiālu pēcapstrādi var veikt, izmantojot bezmaksas programmatūru *Shotcut*. Tā ļauj video saglabāt ekonomiskākā *MP4* datu formātā bez kvalitātes zuduma. Papildus tam šajā programmā vienkāršā veidā ir veicamas visas nepieciešamākās video rediģēšanas un montāžas darbības.

Ievērojami sarežģītāk ir ar klātienes laboratorijas darbu aizvietošanu. Vismaz daļēji laboratorijas darbus var izpildīt virtuālā vidē. Mehatronikas u. tml. jomas darbus var izpildīt, piemēram, izmantojot datorprogrammu *FluidSIM*. Pirms darbu sākšanas ir svarīgi sagatavot studentus. Arī šajā gadījumā var izmantot video ierakstus ar iepriekš aprakstītu programmatūru. Tomēr ir svarīgi uzskatāmi parādīt virtuālās vides atbilstību reālām sistēmām.

Šajā ziņā iespēju ir daudz. Piemēram, apmācībās var lietot dalītu ekrānu, kur ekrāna vienā pusē ir kādas iekārtas elektropneimatiska shēma *FluidSIM* vidē, savukārt otrā pusē ir šī iekārta dabā vai arī virtuāla, dabiskā attēlojumā (sk. attēlu). Ir iespējas sinhronizēt to darbību.

Pandēmijas piespiedu aktivitātēm ir arī pozitīvā puse – izveidotie mācību materiāli noderēs arī pēc tam, kad ārkārtējais stāvoklis būs beidzies.



Procesa virtuālais attēlojums un atbilstoša elektropneimatiskā shēma *FluidSIM* vidē.

Oskars Liniņš, Jānis Lungevičs, Armands Leitāns

## Dilšanas procesa pētījumu rezultātu lietojums projektēšanā

### *Application of wear process research results in design*

Atslēgvārdi: nodilumizturība, berze, virsmas raupjums.

Iekārtu darbības drošums un kalpošanas laiks lielā mērā atkarīgs no detaļu ekspluatācijas īpašībām, kas kopā ar materiālu fizikāli mehāniskajām īpašībām ir atkarīgas no detaļu materiāla virsējā slāņa stāvokļa (makronovirzes, viļņainības, raupjuma, mikrociētības u. c.).

Daudzos gadījumos šo parametru noteikšana balstās praktiskā pieredzē, kas rada nepamatotas prasības un līdz ar to – arī pašizmaksas palielināšanos. Prakse rāda, ka virsmas raupjuma parametru paaugstināšana par pakāpi palielina pašizmaksu vidēji par 25 %.

Standarts *ISO-25178* nosaka, ka prasības virsmas raupjumam jānosaka atbilstoši detaļas funkcionēšanas prasībām. Lai izveidotu teorētiski pamatotu metodiku parametru noteikšanai, tiks izmantots kontakta veida kritērijs *KK*. Šajā gadījumā izmantoti standartizētie parametri *KK* noteikšanai.

$$KK = \frac{Sm \cdot H \cdot \theta}{Ra} ;$$

kur:

*Ra*, *Sm* – virsmas raupjuma parametri;

*H* – virsmas cietība;

*θ* – materiāla elastības konstante.

Šis kritērijs izmantots daudzu autoru darbos. Atkarībā no *KK* skaitliskās vērtības notiek dažāda materiāla virskārtas deformācija. Jo lielāka *KK* vērtība, jo materiāls deformējas vairāk elastīgi, un līdz ar to palielinās detaļas kalpošanas laiks. Noteikta *KK* skaitliskā vērtība ir atkarīga no virsmas raupjuma veida un virsmu savstarpējās iedarbības. Elastīgais kontakts tiek pamatā nodrošināts, ja  $KK \geq 4$ , līdz ar to elastīgā deformācija būs virs 95 % no kopējā kontakta laukuma.

Izmantojot *KK* robežvērtību ( $KK \geq 4$ ), iegūta metodika virsmas raupjuma un cietības (*HB* un *HRC*) noteikšanai atbilstoši *VSKD* standartiem.

Parametru noteikšanas secība ir šāda.

1. Nosaka fizikāli mehāniskos parametrus ( $H$ ,  $E$ ,  $\mu$ ) projektējamai berzes detaļas virsmai.
2. Nosaka materiāla elastības konstanti ( $\theta$ ).
3. Pēc  $KK$  sakarības atrod  $Sm/Ra$ , kas nodrošina elastīgo kontaktu.
4. Apstrādes veidu nosaka pēc tabulām, kas saista apstrādes veidu ar virsmas raupjuma parametriem.
5. Nosaka  $Ra$  vērtību  $ar = Ra_{\min} + \Delta Ra$ , kur:

$$\Delta Ra = \frac{Ra_{\max} - Ra_{\min}}{\left(\frac{Sm}{Ra}\right)_{\max} - \left(\frac{Sm}{Ra}\right)_{\min}} \cdot \left[ \left(\frac{Sm}{Ra}\right)_{\max} - \left(\frac{Sm}{Ra}\right) \right]$$

max, min – robežvērtības no tabulām.

1. Izvēlas tuvāko parametra vērtību pēc standarta.
2. Izvēlētā  $Ra$  vērtība un apstrādes veids tiek ievietots detaļas rasējumā.

## Gunārs Upītis

# Ekscentriski slogotas kakta šuves nestspējas novērtēšana

## *Evaluation of load-bearing capacity of eccentrically loaded corner seam*

Atslēgvārdi: metinātie savienojumi, spriegums.

Metināta savienojuma kakta šuves stiprību nosaka ekvivalentais spriegums šuves šķēlumā ar minimālo laukumu  $A = aL$  (1. a att.):

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} \leq [\sigma],$$

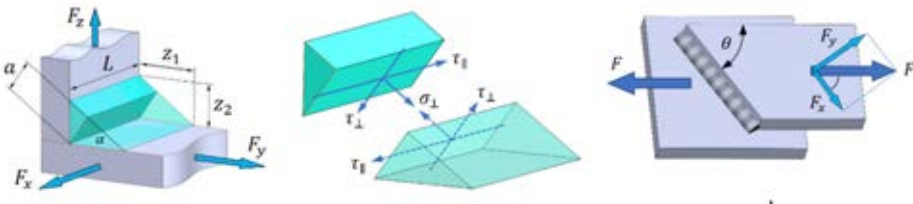
kur  $\sigma_{\perp}$ ,  $\tau_{\perp}$ ,  $\tau_{\parallel}$  – savienojumu slogojošo spēku  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  radītie normāl- un tangenciālspriegumi šuves garenasij perpendikulārā vai paralēlā virzienā (1. b att.). Vienādsānu šuvei ( $z_1 = z_2$ ,  $\alpha = 45^\circ$ ) spriegums izsakāms formā

$$\sigma_E = \frac{1}{A} \sqrt{3F_{\Sigma}^2 - (F_y - F_z)^2}, \text{ kur } F_{\Sigma} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2},$$

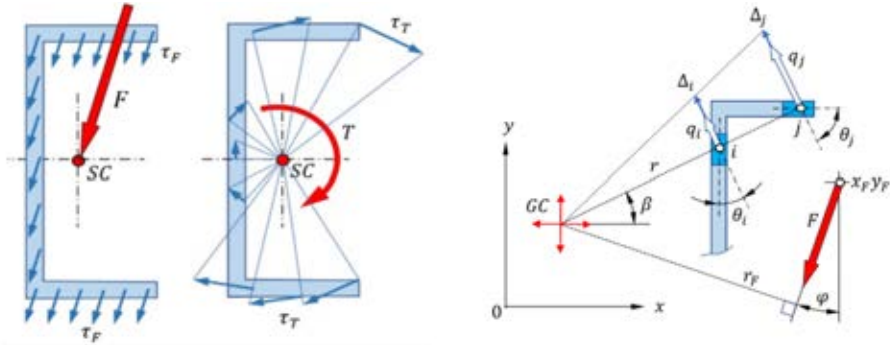
kas ļauj novērtēt ekvivalentā sprieguma atkarību no spēka virziena attiecībā pret šuves garenasi (1. c att.):

$$\sigma_{E\theta} = \frac{1}{A} \sqrt{3F^2 - (F \sin \theta)^2} = \sigma_{E\parallel} \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{3}}, \text{ kur } \sigma_{E\parallel} = \frac{F}{A} \sqrt{3}$$

Galējos stāvokļos  $\theta = 0^\circ$  un  $\theta = 90^\circ$  ekvivalento spriegumu attiecība ir  $\sigma_{E\parallel} / \sigma_{E\perp} = \sqrt{3} / \sqrt{2} \approx 1,225$ , kas norāda uz šķērsvirzienā slogotas šuves lielāku nestspēju salīdzinājumā ar šuvi, kas slogota tās ass virzienā. Elastības robežās spriegumu sakarības var attiecināt arī uz deformācijām – šuves



1. att. Kakta šuves ģeometrija, spēki un spriegumi.



2. att. Elastības un griezes centra metožu aprēķinu shēmas.

garenvirzienā tās ir lielākas un tādējādi secināt, ka garenvirzienā šuve ir padevīgāka, savukārt šķērsvirzienā – stingāka.

Mašīnu elementu kursā metinātos savienojumus ar kakta šuvi rēķina vienkāršoti, šuves stingumu pieņemot par nemainīgu, kas ļauj uz šuves smaiguma centru SC reducētu spēku un momentu iedarbību noteikt atsevišķi un spriegumus visā šuvē novērtēt kā bīdes un vērpes tangenciālspriegumu  $\tau_F$ ,  $\tau_T$  superpozīciju (2. a att.). Griezes centra jeb savienojuma maksimālās nestspējas metodes pamatā ir pieņēmums par visas šuves deformāciju kustībā ap kādu aprēķinu ceļā meklējamu centru GC (2. b att.), no kā izriet atsevišķu šuves elementu deformāciju proporcionalitāte attālumam no šī centra  $\Delta_j/\Delta_i = r_j/r_i$  kā arī to virziens –  $\Delta_i \perp r_i$ . Savienojuma slodzes momenta  $M = Fr_F$  iedarbību līdzsvaro šuves elementu spēki

$$q_i = Q_i \lambda(\theta_i) p(\theta_i),$$

kur:

$Q_i = S_{y_T} a L_i$  – elementu nestspēja pie  $\theta = 0^\circ$ ;  
 $S_{y_T}$  – materiāla tecēšanas robeža.

Funkcijas  $\lambda(\theta_i)$  un  $p(\theta_i)$  apraksta elementu nestspējas pieaugumu pie  $\theta > 0^\circ$ :  
 $\lambda(\theta_i) = 1 + \sin^{1.5} \theta_i$  un faktisko deformācijas pakāpi attiecībā pret kritisko:  
 $p(\theta_i) = \Delta_i/\Delta_{kr} = r_i/r_{\Delta_{kr}}$ . Šuves kritisko – graužošo deformāciju un tās lokalizāciju nosaka no empīriskas sakarības  $\Delta_{kr} = \max\{1,087(\theta_i + 6^\circ)^{-0,65Z}\}$ .

Katrs no sistēmas trīs līdzsvara vienādojumiem  $\sum q_{ix} = F_x$ ,  $\sum q_{iy} = F_y$ ,  $\sum q_i r_i = Fr_F$  ļauj izteikt to apmierinošo spēka  $F$  vērtību:

$$F_1 = \frac{1}{\sin \varphi} \sum_i q_i \sin \beta_i, F_2 = \frac{1}{\cos \varphi} \sum_i q_i \cos \beta_i, F_3 = \frac{1}{r_F} \sum_i q_i r_i$$

Visi šie lielumi mainās atkarībā no izvēlētām GC koordinātām; pie precīzas izvēles  $F_1 = F_2 = F_3$ , un šī spēka vērtība atbilst šuves maksimālajai nestspējai. GC meklēšana ir optimizācijas uzdevums, kura risināšanai var izmantot, piemēram, *MS Excel Solver*.

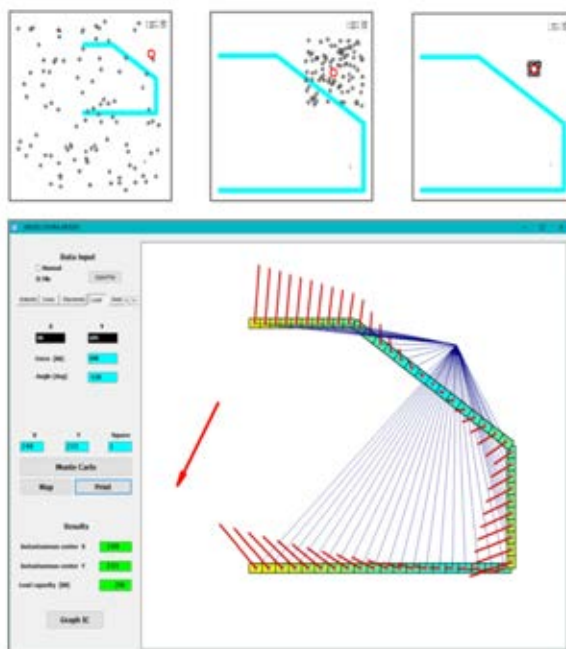
Metodes ilustrācijai mašīnu elementu kursā izstrādāta interaktīva datorprogramma, kas GC meklēšanu veic ar *Monte Carlo* metodi (3. att.).

- Izvēlētā šuvi ietverošā koordinātu apgabalā tiek ģenerēti  $N$  testa GC punkti ar vienmērīga sadalījuma gadījuma koordinātām  $x, y$ , katram punktam aprēķinot atbilstošās spēku  $F_1, F_2, F_3$  vērtības un to izkļedes standartnovirzi

$$S_i = \frac{1}{3} \sqrt{(F_1 - \bar{F})^2 + (F_2 - \bar{F})^2 + (F_3 - \bar{F})^2}, \text{ kur}$$

$$\bar{F} = (F_1 + F_2 + F_3) / 3; i = 1, 2, \dots, N$$

- GC meklēšanu atkārtoti sašaurinātā apgabalā ap iepriekš noteikto GC, kuram  $S = \min\{S_1, S_2, \dots, S_N\}$ . Process turpinās, līdz GC novietojums lokalizēts ar praktiskai analīzei pieņemamu precizitāti.



3. att. Šuves griezes centra lokalizācija ar *Monte Carlo* metodi.



**Natālija Mozga**

## **Automatizētā konstruktoru dokumentāciju veidošana**

### *Automated design documentation design*

Atslēgvārdi: automatizētā projektēšana, dokumentācija.

Inženiera konstruktora darbs, kas ietver dažādu izstrādājumu projektēšanu, jebkurā mašīnbūves nozarē ir saistīts ar lielu daudzumu reglamentētu un ļoti bieži atkārtojamo darbību izpildi: aprēķinu veikšanu, specifiskācijas veidlapu aizpildīšanu utt. Tehniskā objekta projektēšana – tas ir vēl neesoša objekta tēla izveidošana, pārveidošana un attēlošana vispārpieņemtajā formā. Tomēr, kā liecina prakse, objekta «izveidošana», t. i., objekta konstruktīvā izpildīšana, elementu sastāva un darbību principu veidošana projektētājam aizņem nelielu daļu no projektēšanas procesa, aptuveni 10–15 %. Pārējo laiku inženieris velta domu izklāstam un noformēšanai, piešķirot savai idejai vispārpieņemtu formu. Inženieraprēķinu veikšana un, it īpaši, projektēšanas rezultātu noformēšana ir visdarbietilpīgākās šī procesa operācijas. Veicot konstruktoru pildītās procedūras analīzi, var konstatēt, ka visas konstruktora darbības tiek izpildītas saskaņā ar noteiktiem algoritmiem, kuru pamatā ir vispārpieņemtās metodikas – projektēšanas normas.

Mūsdienās inženiera ideju realizācijai izmanto speciālās automatizētās projektēšanas sistēmas. Viena no tādām sistēmām ir programma *AutoCAD* – viena no revolucionārākām projektēšanas sistēmām. *AutoCAD* piedāvā visus nepieciešamos instrumentus rasējumu divdimensiju projektēšanai un noformēšanai, kā arī attīstītu trīsdimensiju modelēšanas sistēmu. *AutoCAD DWG* un *DXF* rasējumu formāts ir darbu dokumentācijas noformēšanas starptautiskais standarts.

Diemžēl ir jākonstatē, ka šodien programmas *AutoCAD* iespējas tiek izmantotas 15 % apmērā. Citiem vārdiem sakot, aptuveni deviņi no 10 projektētājiem joprojām izmanto rasējumu veidošanas līdzekļus, ko izstrādāja *Autodesk* pirms 12–15 gadiem. Arī augstskolā vairāki mācībspēki neuzskata, ka projektēšanai, izmantojot *AutoCAD*, ir jāpievērš liela uzmanība, domājot, ka pirmajosursos ir pietiekami iemācīt studentiem veidot «apļus un līnijas», savukārt vecāko kursu studenti bez problēmām izveidos jebkuru projektu. Viņi – kā pirms 20 gadiem – patiesi domā, ka projekta rasējums ir tikai liels līniju un apļu kopums.

Programma *AutoCAD* ir programma rasējumu veidošanai *Windows* vai *Mac OS* sistēmās. *Autodesk AutoCAD* ļauj projektēt dažāda tipa elementus un objektus



**Natālija Mozga**

## **Studiju kursa «Datorgrafika mašīnbūvē» nepieciešamība topošo speciālistu sagatavošanā**

### *The need for «Computer graphics in mechanical engineering» in the preparation of future specialists*

Atslēgvārdi: tehniskā dokumentācija, datorgrafika, mašīnbūve, tehnologs, konstruktors.

Jebkuram tehniskās specialitātes speciālistam ir nepieciešamas prasmes un spējas telpisko formu sintezēšanai un analīzei, kā arī spējas uztvert citu konstruktoru pētnieku idejas, kas tiek noformētas tehniskās dokumentācijas veidā. Studiju kurss «Datorgrafika mašīnbūvē» palīdz studentiem attīstīt šīs spējas.

Studiju kursa galvenais mērķis ir tehnisko formu attēlošanas likumu pētīšana. Citiem vārdiem sakot, kursā «Datorgrafika mašīnbūvē» māca lasīt, veidot vai konstruēt rasējumus. Studiju kursa galvenais uzdevums – iemācīt studentiem rasējumos attēlot vienkāršus izstrādājumus un lasīt šāda tipa izstrādājumu dokumentus.

Studiju kursā studentam ir jāapgūst zināšanas, prasmes un spējas, kas būs nepieciešamas inženierim tehnisko domu attēlošanai un noformēšanai ar rasējumu palīdzību, kā arī kas būs nepieciešamas attēlotā izstrādājuma darbības principa un konstrukcijas izpratnei.

Mūsdienās tehniķa tehnologa un tehniķa konstruktora profesijas aktualitāte arvien aug, un šādi speciālisti darba tirgū ir pieprasīti arvien vairāk un vairāk.

Šādu speciālistu sagatavošanai ir nepieciešamas inženiergrafikas zināšanas. Topošajam speciālistam jābūt labi rasēt, pildīt sarežģītus grafiskas uzbūves darbus, precīzi «redzēt» telpisku grafisko darbu.

Mūsdienās mācībspēkam ir jābūt augsta līmeņa kompetencei projektēšanas darbības jomā, kas ļauj pareizi un kārtīgi noorganizēt savu darbu, produktīvi sadarbojoties ar studentiem, izstrādāt jaunas apmācības tehnoloģijas, līdzekļus, metodes un organizācijas formas.

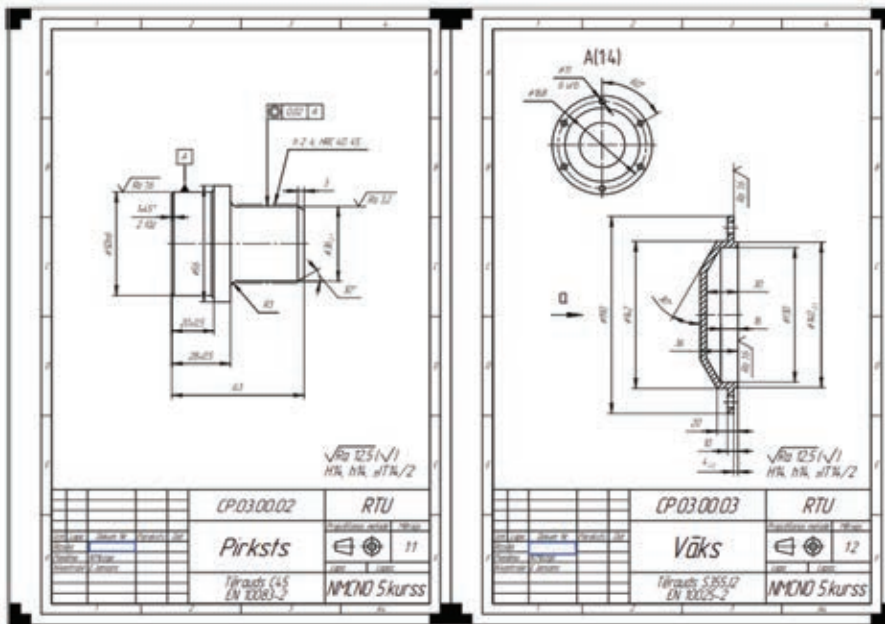
Mūsdienās speciālistam tiek izvirzītas arvien lielākas prasības: augsts izglītības līmenis, elastīga domāšana, profesionālā mobilitāte, prasmes izstrādāt stratēģiju savai profesionālajai darbībai.

Profesionālās apmācības procesā ir jāmeklē inovatīvi veidi konkurētspējīgu speciālistu sagatavošanā. Priekšmetu «Datorgrafika mašīnbūvē» būtu lietderīgi mācīt pēc studiju kursa «Tēlotāja ģeometrija».

Priekšmets «Datorgrafika mašīnbūvē» ir pirmais pakāpiens studentu apmācībā, kurā students apgūst konstruktoru dokumentācijas noformēšanas un izpildīšanas pamatprincipus. Apgūstot tehnisko studiju kursus, tiek nostiprinātas inženiergrafikā iegūtās iemaņas. Studiju darbos, praksē un noslēguma darba projektēšanā tiek sasniegtas prasmes tehnisko domu attēlot, sagatavojot pilnus rasējumu un citu ražošanas dokumentāciju.

Mūsdienās speciālistu grafiskajā sagatavošanā potenciāla prioritāte ir tādām zināšanām un iemaņām, kas saistītas ar datorgrafiku, prasmi strādāt ar grafiskajiem redaktoriem, izstrādāt rasējumus elektroniskā formā, izmantojot jaunākās paaudzes informāciju tehnoloģiju bāzi.

Iepriekšminētās zināšanas un iemaņas apgūst Mašīnzinību, transporta un aeronautikas fakultātes (MTAF) Mašīnu un aparātu būvniecības un mehānikas studiju programmas studenti.



1. att. MTAF studenta detaļu rasējumu noformēšanas paraugi.

**Antons Štekleins, Viktors Gutakovskis**

## **Attālinātās studijas kursā «Mašīnbūves iekārtu piedziņa un vadība»**

*Distance learning in the study course: Drives and control of mechanical engineering equipment.*

Atslēgvārdi: mašīnbūves iekārtas, piedziņa, iekārtu vadība.

Mašīnzinību, transporta un aeronautikas fakultātes mašīnu un aparātubūves specialitātes studenti apgūst studiju kursu «Mašīnbūves iekārtu piedziņa un vadība». Tas nepieciešams, lai studenti spētu atpazīt piedziņu un vadības vienību īpašības, tehnoloģiskās iespējas, kā arī pilnvērtīgi izmantot iegūtās zināšanas, izstrādājot noslēguma darbu. Tāpēc studentiem ir nepieciešams iepazīties ar piedziņas veidiem, to priekšrocībām un trūkumiem, attīstības tendencēm ražošanas apstākļos, kā arī apgūt mašīnbūves iekārtu vadības veidus un detaļu apstrādes programmēšanas pamatprincipus, izmantojot ciparvadības darbgaldus. Studiju kurss ir iedalīts vairākos moduļos, to apguves pārbaudei ir izstrādāti patstāvīgie jeb praktiskie un aprēķinu uzdevumi. Pirmajā kursa modulī apskata mašīnbūves piedziņas elementus, tehnisko raksturojumu un piedziņas veidu pamatprincipus. Patlaban kursa apguve notiek attālināti. Lai studentiem būtu vieglāk sekot tēmas materiālam, tas ievietots e-studiju vidē vairākas dienas pirms moduļa sākuma, atbilstoši informējot studentus. Materiāls ir izstrādāts, izmantojot mūsdienu informācijas avotus, no kuriem daži ir angļu valodā, kas palīdz apgūt profesionālo terminoloģiju. Otrais modulis ietver mašīnbūves iekārtu piedziņas dalījumu (mehāniska, pneimatiska, hidrauliska, elektriska) un dziļāku analīzi. Lai studentiem būtu vieglāk apgūt studiju saturu, tiek nodrošināts video materiāls, kas uzskatāmi paskaidro katras piedziņas uzbūvi un svarīgākos elementus. Lai nostiprinātu un uzlabotu zināšanas par pareizu piedziņas veida izvēli, studentiem ir nepieciešams veikt piedziņas aprēķinus. Aprēķinu daļa sastāv no divu piedziņas veidu aprēķiniem: ķēdes pārvada un siksnas pārvada aprēķina. Šo uzdevumu būtība ir, ņemot vērā individuālo variantu zināmās vērtības, aprēķināt un attēlot atbilstošu piedziņas veidu. Lai to panāktu, ir jāveic aprēķini pēc atbilstošas metodikas, ņemot vērā visus koeficientus un materiāla īpašības. Jāizmanto rokasgrāmatas un *DIN/ISO* standarti. Noslēdzošais modulis apskata mašīnbūves iekārtu vadības veidus. Īpaša uzmanība tiek veltīta *NC* kodiem un programmēšanas principu apguvei. Labākai un vieglākai šī moduļa zināšanu apguvei studentiem tiek uzdoti

vairāki praktiskie darbi. Uzdevumi ir gan par virpotām, gan frēzētām detaļām. Pēc rasējuma analīzes studenti patstāvīgi izstrādā apstrādes programmu un attēlo to simulācijā. Lai veiksmīgi parādītu simulāciju, vispirms ir jāveic apstrādes režīmu aprēķini un tad simulatorā jāveic atbilstoša to izvēle, ņemot vērā detaļas sagataves materiālu. Visi aprēķinātie režīmi un cita informācija studentiem jāieraksta speciāli izveidotā veidlapā – uzdevuma izpildes protokolā.

**Irīna Boiko, Ēriks Geriņš**

## **Situāciju imitācijas paņēmiena izmantošana studiju kursā «Patentzinību pamati»**

### *Application of Situational Simulation Teaching Method in Study Course Basics of Patents*

Atslēgvārdi: situāciju imitācija, lomu spēles, imitācijas spēles, kompetences.

Viens no RTU studiju kursa «Patentzinību pamati» galvenajiem mērķiem ir sniegt studentiem izpratni un veidot prasmes intelektuālā īpašuma aizsardzības jomā un patentzinību pamatos, attīstīt prasmes risināt problēmsituācijas, pamatot un aizstāvēt savu pozīciju, kā arī komunikācijas un citas sociālās prasmes.

Šo mērķu sasniegšana nav iespējama ar tradicionālām mācīšanas metodēm, tā saukto uz mācībspēku centrētu studiju procesu, kad studiju process ir organizēts lekciju veidā – bez iespējām studentiem aktīvi iesaistīties. Ja studentiem nav iespēju līdzdarboties, zūd arī motivācija studēt. Studiju kursā «Patentzinību pamati» tiek piedāvāts izmantot kombinēto pieeju: ir paredzēts ne tikai lekciju kurss, bet arī praktisko nodarbību klāsts, daļa no tām ir veidotas, izmantojot lomu spēles un imitācijas spēles [1, 2].

Piemēram, studentiem tiek piedāvāta situācija, kad viena dizainparauga īpašnieks iesniedz apelāciju pret citu dizainparaugu, lūdzot anulēt otrā dizainparauga reģistrāciju, jo (pēc pirmā dizainparauga īpašnieka domām) otrajam dizainparaugam nav novitātes un individuāla rakstura. Pirmā dizainparauga īpašnieks uzskata, ka otrais dizainparaugs faktiski kopē viņa dizainparaugu. Studentiem tiek piedāvāti abu dizainparaugu attēli un ievadinformācija. Uzdevums ir iejusties abu dizainparaugu īpašnieku (pārstāvju) lomās un sagatavot argumentus Apelācijas padomei. Tad tiek izspēlēts lietas izskatīšanas process, un mācībspēks (izspēlējot Apelācijas padomes lomu) izšķir dizainparaugu strīdu. Tad mācībspēks paziņo reālo Apelācijas padomes lēmumu, kas var atšķirties no spēlē pieņemtā – atkarībā no studentu izklāstiem un argumentiem. Kā redzams, situāciju imitācijas paņmiens paredz sagatavošanas posmu, spēles norises posmu un noslēguma (jeb refleksijas) posmu.

Šādā veidā, izmantojot situāciju imitācijas paņmienu, tiek panākta visu studentu iesaistīšanās, augstāka motivācija un interese par studiju kursa jomu. Turklāt, izspēlējot reālo situāciju (situācija ir sagatavota, izmantojot reālus Apelācijas sēdes materiālus), studentiem paveras iespēja padziļināti un

patstāvīgi pētīt saistītus tematus, papildu materiālus, kā arī attīstīt radošās spējas, sagatavojot argumentus un runu. Savukārt pēc spēles, apspriežot un analizējot pieņemto lēmumu, t. sk. salīdzinot ar reālo Apelācijas padomes lēmumu un to argumentāciju, rodas padziļināta izpratne par situācijas risināšanas iespējām.

Prakse rada, ka pāreja uz studentiem vērstu studiju procesu ir lietderīga un nodrošina nepieciešamo kompetenču apgūšanu, t. sk. pamatkompetences saskaņā ar EK un Padomes ieteikumiem par pamatprasmēm mūžizglītībā [3].

### Izmantotā literatūra

1. A. Blumberga «Lomu spēles vides inženierzinātņu studijās», RTU metodiskais seminārs «No mācīšanas uz aktīvo mācīšanos jeb labā studēšanas prakse» 2009. gada 16. aprīlī.
2. G. Stods «Kooperatīvās mācīšanas pieredze studentu pašnoteikšanās sekmēšanai», Education Reform in Comprehensive School: Education Content Research and Impementation Problems. The collection of scientific papers, 2012, ISSN 1691-5895, pp. 61–83.
3. EK un Padomes ieteikums par pamatprasmēm mūžizglītībā [tiešsaiste]. Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, 2018 [skatīts 2021. g. 23. martā]. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?uri=celex%3A32006H0962>.



**Gatis Muižnieks**

## **Biežāk sastopamie saspiesta gaisa sistēmu atteikumi**

### *The most common failures of compressed air systems*

Atslēgvārdi: atteikumi, saspiests gaiss, kompresori, apgādes sistēma.

Attīstoties vispārējai ražošanas industrijai, ražošanas tehnoloģijām un iekārtām, daudzu industriālu uzņēmumu darbība mūsdienās nevar būt iedomājama bez kvalitatīvi sagatavota saspiesta gaisa, ko izmanto dažādos tehnoloģiskos ražošanas procesos produktu izgatavošanā. Saspiestu gaisu izmanto dažādās tautsaimniecības nozarēs, piemēram, metālapstrādē, mašīnbūvē, kokapstrādē, pārtikas rūpniecībā, veselības aprūpē, lauksaimniecībā, izglītībā un citās. Saspiesta gaisa apgāde galvenokārt tiek nodrošināta ar iekārtām, ar kuru palīdzību tiek palielināts gaisa spiediens. Šim nolūkam izmanto dažādas kompresoru mašīnas, ar kuru palīdzību sākuma spiediens var tikt izmainīts no ļoti maza (pat vakuuma) līdz ļoti lielam. Šajā ziņojumā, izmantojot gaisa sistēmu apkalpojošā uzņēmuma statistikas datus, ieskicēti biežāk sastopamo gaisa sistēmu traucējumi – atteikumi Latvijas tautsaimniecības uzņēmumos. Par atteikumiem var uzskatīt iekārtas vai kādas komponentes nespēju:

- 1) pildīt paredzētās darbības funkcijas;
- 2) nodrošināt izpildes kritērijus, taču vēl joprojām darboties;
- 3) darboties droši pēc darbības pasliktināšanās.

Atteikuma cēloņi var būt: slodzes izmaiņas; dilums; deformācijas; korozija; lūzumi. Praksē gaisa sistēmas bieži vien tiek veidotas no vairāku iekārtu kopām. Vienkāršotas saspiestā gaisa apgādes sistēmas galvenās komponentes redzamas 1.1. attēlā.

Tās sastāvā ietilpst: kompresora mašīna (aizvien biežāk uzņēmumi izvēlas tehnoloģiski modernākās, ekonomiskākās un drošākās kompresoru mašīnas, to skaitā eļļas plūsmas skrūves tipa kompresorus), gaisa uzkrāšanas tvertne, kas uzkrāj saspiesto gaisu un nodrošina vienmērīgu gaisa padevi sistēmā, gaisa dzesētājs, kas visbiežāk tiek uzstādīts pirms kopējās gaisa sistēmas, kas samazina gaisā esošo mitrumu un virkni dažādu papildus filtru un vārstu, kuru mērķis ir aizsargāt esošās iekārtas, aizturot rupjos piemaisījumus un samazinot piemaisījumu esamību saspiestā gaisā utt.

Gaisa padeves sistēmu traucējumi var radīt uzņēmumiem zaudējumus, kas izraisa nekvalitatīvas (brāķētas) produkcijas ražošanu, kā arī citu iekārtu darbības pārtraukšanu. Pēc statistikas datiem atteikumi ir saistīti gan ar

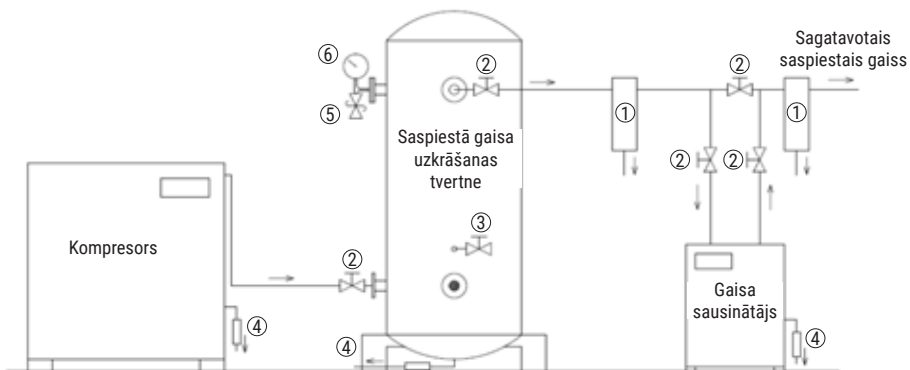
kompresoru mašīnu, gan ar gaisa dzesētāju, gan ar filtriem, retāk – ar pašu cauruļu sistēmu. Biežāk sastopamie atteikumi ir:

- 1) atjaunojamie – to novēršanas remonta tehnoloģijas ir ekonomiski izdevīgas;
- 2) neatjaunojami – to atjaunošana nav ekonomiski izdevīga.

Kompresoru mašīnas tiek pakļautas mainīga dinamiska rakstura slodzēm, kas var izraisīt gan gaisa padeves iekārtu, gan ar to saistīta aprīkojuma bojājumus.

Sastopamie bojājumi, kas izraisa gaisa padeves traucējumus:

- 1) plaisas slēgtajās gaisa sistēmās – izraisa dinamisks slogojums, vibrācijas;
- 2) bojātas piedziņas siksnas – izraisa neregulārs monitorings, rada vibrāciju un citu mezglu noguruma lūzumus;
- 3) termostata bojājums – izraisa kompresora pārkaršanu, kas rada eļļas nolietošanos, eļļas frakciju piedegumus sistēmā, tiek traucēta eļļas atdalīšana no gaisa utt.;
- 4) eļļas frakciju piedegumi – tiek traucēta eļļas cirkulācija un citu komponentu darbība, veicināta kompresora pārkaršana un var izraisīt pat pie rotoru apstāšanos (noķīlēšanos);
- 5) eļļas atsūkšanas vārsts – bojājums veicina pārmērīgu eļļas noplūdi gaisa sistēmā;
- 6) kondensāta atdalītājs – bojājums palielina kondensāta daudzumu saspīstā gaisa sistēmā;
- 7) nefunkcionējošs priekšfiltrs – izraisa gaisa trūkumu, kā arī kompresora pārkaršanu;



**1.1. att. Vienkrāsota saspiesta gaisa apgādes sistēma:**

- 1) līniju filtrs; 2) lodveida ventilis; 3) lodveida ventilis papildu iekārtu pievienošanai;
- 4) automatiskais kondensāta atdalītājs uz savākšanas, attīrīšanas tvertni; 5) gaisa uzkrāšanas tvertnes drošības vārsts; 6) gaisa uzkrāšanas tvertnes manometrs.

- 8) eļļas un gaisa dzesētājs – bojājums izraisa pārkaršanu, rada citu komponentu darbības traucējumus;
- 9) bojāts iesūkšanas filtrs – tiek traucēta gaisa iesūkšana, bojājums izraisa galveno rotoru un ar to saistīto komponentu bojājumus;
- 10) gultņu izdīlums – izraisa neregulārs monitorings un nepiemēroti darba apstākļi;
- 11) gultņu sēžas bojājums – izraisa monitoringa trūkums un nepiemēroti darba apstākļi;
- 12) elektroapgādes traucējumi – izraisa dažādu elektrokomponentu bojājumi (darbības atteice), un tiek traucēta gaisa apgāde;
- 13) gaisa dzesētāja – ventilatora bojājumi – tiek traucēta gaisa plūsma, kas izraisa pārkaršanu un ar to saistītas sekas;
- 14) papildu filtru nefunkcionēšana – tiek traucēta vai pat bloķēta kvalitatīva saspiesta gaisa padeve.

Liela daļu gaisa apgādes sistēmu traucējumi ir saistīti ar neregulāras gaisa apgādes sistēmas un to saistīto iekārtu monitoringu, nepietiekama gaisa pieplūdes un karstā gaisa novadīšanas traucējumiem, kā arī nepiemērotas darba vides nodrošināšanu.

**Didzis Avišāns, Kalvis Kravalis**

## **Jaunākie risinājumi hidrauliskajās sistēmās**

### *Latest inventions in Hydraulic systems*

Atslēgvārdi: hidraulika, hidrauliskā piedziņa, energoefektivitāte.

Jau kopš seniem laikiem cilvēce ir meklējusi risinājumus, kā atvieglot dažādu lietu pārvietošanu un celšanu. Gadiem ejot, zinātnieki un izgudrotāji ir raduši risinājumu šai problēmai. Laika gaitā par vienu no visefektīvākajām metodēm dažādu priekšmetu pārvietošanai vai smagumu celšanai cilvēki ir izvēlējušies hidrauliku. Tās priekšrocības vienmēr ir bijušas liels realizējams spēks (līdz pat 3000 kN), mobilitāte, vienmērīga un precīzi kontrolējama darbība.

Kā jau daudzām tehnoloģijām, arī hidraulikai ir savi trūkumi. Vislielākais tās trūkums ir noplūdes un augstā eļļas temperatūra pie lielām slodzēm. Viena no problēmām ir arī augstspiediena cauruļu plīšana, kas, ņemot vērā attālumu starp sūkni un izpildmehānismu, var izlikties, deformēties un plīst.

Lai veiksmīgi konkurētu ar elektromehāniskajām piedziņas ierīcēm, hidroiekārtu ražotāji piedāvā jaunus risinājumus piedziņas iekārtu izveidē. Viens no piemēriem ir kompakts sūkņa un hidrocilindra kopsalikums, kurā abi elementi samontēti vienā kompaktā mezglā [1]. Šādās iekārtās cilindrs ir tieši saistīts ar reversējamu sūkni, ko piedzen reversējams servomotors ar regulējamu rotācijas ātrumu. Iekārta izpildīta slēgtas hidrosistēmas veidā, kur plūsma no sūkņa vienas izejas nonāk tieši hidrocilindra korpusa pusē un otra izeja savienota ar cilindra kāta pusi. Lai novērstu cilindra kustību slodzes ietekmē, šādas iekārtas aprīko ar vadāmiem vienvirziena vārstiem. Konkrētajā iekārtā izmantota arī kompakta tvertne – akumulators (gāzes vietā šeit iepildītas elastīgas putas), kas aptver hidrocilindru un ļauj kompensēt cilindra korpusa un cilindra kāta puses tilpumu atšķirību.

Šādas sistēmas ļauj: samazināt elektroenerģijas patēriņu, darbinot sistēmu tikai brīžos, kad jāveic izpildelementa kustība – princips «jauca pēc pieprasījuma»; lietot zemākas jaudas elektromotorus, salīdzinot ar elektromehāniskajiem aktuatoriem un klasiskām hidrauliskām un pneimatiskām sistēmām, tādējādi ietaupot enerģiju, samazinot svaru un izmaksas; tiek izslēgta cauruļu lietošana un noplūdes; nav nepieciešami virziena un ātruma kontroles vārsti; mezglu var uzstādīt tieši izmantošanas vietā un viegli pieslēgt kontroles un vadības sistēmām, atvieglot sistēmu automatizēšanu. Izmantojot spiediena un pozīcijas sensorus, var iestatīt attīstāmo spēku un veikt pozicionēšanu. Turklāt šāda sistēma ļauj saglabāt arī klasisku hidrosistēmu priekšrocības:

augstu jaudas «blīvumu» – kompakti elementi attīsta lielus spēkus; pareizi izvēlēta sistēma nepārkarst un ir pašdzesējoša.

Par vienu no lielākajiem izaicinājumiem rūpniecībā tiek uzskatīta energoefektivitāte un atkritumu pārstrāde. Rakstā [2] minēts piemērs, kā lietoto riepu pārstrādē, izmantojot jaunākās paaudzes hidrauliskās piedziņas, var sasniegt līdz pat 35 % mazāku enerģijas patēriņu nekā tradicionālajās elektriskās piedziņas sistēmas. Jaunākās paaudzes hidrauliskā piedziņa ļauj ātri reaģēt uz berzes attiecību izmaiņām, lielu trieciena slodzi un pastāvīgi mainīgu spiedienu [2].

Tradicionālajām lietoto riepu smalcināšanas dzirnavām ir atsevišķi mehāniskie reduktori un motori, kas virza katru rulli atsevišķi; to berzes koeficientus nosaka reduktori. Dažās no šīm mašīnām ir mainīgas frekvences piedziņas, lai pielāgotu berzes koeficientus, taču tas neļauj tām saglabāt pilnu griezes momentu visā ātruma diapazonā [2].

Tā vietā ražotājs ir izmantojis jaunākās paaudzes hidrostatiskos virzuļu sūkņus, lai darbinātu identiskus hidrauliskos motorus, kas uzstādīti tieši uz ruļļu vārpstām. Katra sūkņa plūsmas ātrumu var noregulēt, lai nodrošinātu precīzu ātruma starpību, kas nepieciešama starp ruļļiem. Šādas sistēmas priekšrocība ir tāda, ka viens motors var darboties ar 110 apgr./min, savukārt otrs ar 3 apgr./min [2].

## Izmantotā literatūra

1. Carl Richter, *Hydraulics & Pneumatics*, žurnāls [tiešsaiste], ASV, 2017, [skatīts 2021. g. 12. aprīlis], Pieejams: <https://www.kyntronics.com/images/info-and-specs/Kyntronics-Electrohydraulics.pdf>.
2. Endeavor Business Media, LLC rakstu kopums [tiešsaiste], ASV, 2021, [skatīts 2021. g. 7. aprīlis]. Pieejams: <https://www.hydraulicspneumatics.com/technologies/hydraulic-pumps-motors/article/21888064/hydraulic-system-redesign-cuts-fuel-costs>.

**Artis Kromanis**

## **LEAN pamatprincipu izmantošana studiju darba organizācijā**

### *Use of LEAN principles in organisation of study process*

Atslēgvārdi: *LEAN, just-in-time*, termiņi, ražošana, zudumi.

Ne tikai pandēmijas izraisītajos izaicinošajos apstākļos, bet arī ikdienas vispārējā studiju procesā, vadot studiju kursus, mācībspēki saskaras ar to, ka studenti kavē darbu nodošanas termiņus, ir nekvalitatīvi referāti vai patstāvīgie darbi. Tieši tādas pašas problēmas jeb zudumu veidi, kā to definē *LEAN*, ir ražošanas organizācijā. Ražošanā šie zuduma veidi ir saistīti ar produkcijas defektiem, dīkstāvi, liekām darbībām un transportēšanu. Ražošanā šīs problēmas mēģina risināt, piemēram, ieviešot *LEAN* principus. *LEAN* lietojums ir parādījis sevi arī ārpus ražošanas, piemēram, medicīnas aprūpē, biroja darbā. Tātad – nebūtu šķēršļu *LEAN* ieviest arī izglītības sistēmā, jo īpaši – studiju procesa organizēšanā, tādējādi novēršot nelietderīgi ieguldīto laiku un jau studiju gados studentus pievēršot savlaicīga un kvalitatīva darba kultūrai jeb filozofijai.

*LEAN* principu ieviešana tika aprobēta studiju kursā «*LEAN* ražošana», kur paralēli ražošanas problēmām tika apskatītas arī studiju procesa problēmas. Attiecīgi – arī studiju kursā kopīgi ar studentiem tika identificēti studiju kursa zudumi un meklēti tā risinājumi. Kopīgi ar studentiem tika identificēts, ka par studiju kursa zudumiem ir uzskatāmi kavēti patstāvīgie darbi, nepiedalīšanās starppārbaudījumos un/vai gala pārbaudījumos. Attiecīgi netiek vērtēts studenta darbs. Ja students ir nolēmis vēlāk tomēr nodot patstāvīgo darbu vai kārtot pārbaudījumu, tad visas šīs studiju procesa darbības, jo īpaši – mācībspēka patērētais laiks, ir zudumi. Ir jāvelta papildu laiks, lai atgūtu studija kursā kavēto. Analogijā ar ražošanas vidi šāda atkārtota darba veikšana, lai ko labotu, būtu uzskatāma par defektu labošanu, kas *LEAN* sistēmā ir definēts kā viens no septiņiem zudumu veidiem. Attiecīgi – šis zudums ir jānovērš.

Viens no *LEAN* pamatprincipiem ir konkrētu problēmu vai zudumu risināšana noteiktās komandās. Studiju kursā «*LEAN* ražošana» tika aptaujāti studenti, aicinot izteikt piedāvājumus, kā novērst šādus zudumus. Turklāt komandā izlemtais ir saistošāks visai grupai, jo tiek ņemts vērā katra iesaistītā viedoklis.

Kopīgi tika rasts risinājums šādu zudumu novēršanai. Tika pārdefinēta gala termiņa nozīme, t. i., gala termiņš arī ir gals. Darbi pēc termiņa beigām netiek pieņemti, un pārbaudījums netiek atkārtoti kārtots. Attiecīgi – tiek simulēta gala termiņu nozīmība, kas reālajā dzīvē – ražošanā – ir īpaši svarīgi. Termiņa kavējums var radīt būtiskas organizatoriskas un/vai finansiālas sekas. Tādējādi students iegūst kaut nelielu treniņu cēloņsakarībās starp darba kavējumu un/vai neveikšanu un to ietekmi uz paša kavētāja un/vai neveicēja sekmēm vai rezultātu.

Studiju kurss pierādīja, ka, izprotot *LEAN* un tā ietekmi uz abām iesaistītajām studija procesa pusēm, t. i., mācībspēkiem un studentiem, tika samazināts kavēto darbu apjoms (novērsta dīkstāve) un palielināts nokārtoto testu skaits (novērsti defekti). Kavējumu apjoms tika samazināts, nevis novērsts, jo normatīvie akti studiju procesa nodrošināšanai liedz ieviest kategoriskas prasības.

## Didzis Avišāns

# Augstas izturības tēraudu *MAG* metināšanas pētījumu aktualitātes

## *Topicalities in research of high-strength steel MAG welding process*

Atslēgvārdi: *MAG* metināšana, augstas izturības tērauds, Ar maisījums ar  $\text{CO}_2$ , kvalitāte.

Mūsdienās metālapstrāde ieņem ļoti nozīmīgu lomu tautsaimniecībā. Daudzi ražošanas uzņēmumi, kas izgatavo metāla konstrukcijas, pēdējo gadu laikā ir palielinājuši ražošanas apjomus, nodrošinot darba vietas daudziem tūkstošiem iedzīvotāju un lielu pienesumu iekšzemes kopproduktam kopumā. Metāla izstrādājumu izgatavošanai metālapstrādes uzņēmumos tiek izmantotas dažādas tehnoloģijas. Viena no tām ir metināšana.

Lielākā daļa metāla konstrukcijas tiek izgatavotas no konstrukciju tērauda. Tā apstrādē izmanto dažādas ražošanas tehnoloģijas. Viena no visbiežāk izmantotajām lokmetināšanas tehnoloģijām ir pusautomātiskā jeb *MAG* (*Metal Active Gas*) metināšana. Tā ir viena no produktīvākajām metināšanas metodēm, un tai ir universāls lietojums, izmantojot gan mehanizētas, gan robotizētas iekārtas.

Lai *MAG* metināšanas procesu padarītu produktīvāku un vieglāk kontrolējamu, ir izstrādātas dažāda veida metināšanas stieples, un pēdējos gadu desmitos būtiski izmainījušās arī iekārtas, atvieglojot un arī kontrolējot metināšanas procesu un gaitu. Plašāka kļuvusi arī aizsarggāzes izvēle. Tas ir ļāvis uzlabot metināšanas procesus, devis iespēju metināt dažādus legētos tēraudus un dažādus metāla sakausējumus.

Lai metāla konstrukciju ražošanā atvieglotu izstrādājumu svaru, tajā pašā laikā saglabājot konstrukciju izturību un nestspēju, arvien biežāk tiek izmantoti legēti augstas izturības tēraudi, kas spēj izturēt slodzi līdz pat 1000 MPa. Metināšanas process, izejmateriāli, tai skaitā – aizsarggāze, var ietekmēt sametinātās šuves kvalitāti un izturību. Lai meklētu risinājumus paaugstinātas izturības tēraudu metināšanai, lai neveidotos poras, mikroplaisas un nevēlami iekļāvumi sametinātajās šuvēs, kas tās padara mazāk izturīgas, ir veikti vairāki pētījumi. Plaši zināma rekomendācija ir izmantot palielinātu legējošo materiālu daudzumu metināšanas stieplē. Par aizsarggāzes ietekmi uz metināšanas šuvi augstas izturības tēraudiem pētījumu ir maz. No dažādiem



apskatītajiem zinātniskajiem pētījumiem ir zināms, ka mazlēģētu konstrukciju tēraudu metināšanu [1, 2], palielinot CO<sub>2</sub> (ogļskābās gāzes) procentuālo sastāvu (no 20 % līdz 25 %) maisījumā ar argonu (Ar), metinātās šuves metāla struktūra būtiski neatšķiras no pamatmateriāla struktūras, turklāt dažāda veida ieslēgumu (nelielas mikrogranulas) ir mazāk [3]. No pētījumiem [1, 2, 3] ir secināts, ka visefektīvāk ir metināt ar aizsarggāzi, kuras sastāvā ir 75 % argona un 25 % CO<sub>2</sub>. Savukārt Ķīnas zinātnieku pētījumā [4] par augstas izturības tēraudu (1000 MPa) metināšanu un aizsarggāzes ietekmi uz to, zinātnieki, izmantojot līdzīgas pētījumu metodes, ir secinājuši, ka, tieši palielinot CO<sub>2</sub> koncentrāciju argonā, šuves struktūrā ir vairāk iekļāvumu un tās izturība būtiski samazinās.

Pētījumi par MAG metināšanu, saistīti ar augstas izturības tēraudu ar stiprību 650 MPa līdz 850 MPa, kas atrodas robežās starp mazlēģētu konstrukciju tēraudu (līdz 420 MPa) un paaugstinātas izturības tēraudu (1000 MPa), nav atrasti. Tāpēc ir nepieciešams izpētīt aizsarggāzes ietekmi uz augstas izturības tērauda metināšanas procesu gan šajā lokā, gan arī strūklveida pārneses režīmā.

### Izmantotā literatūra

1. P. Kah & J. Martikainen, Influence of shielding gases in the welding of metals, 2011.
2. Ebrahimnia M., Goodarzi M., M. Nouri, and M. Sheikhi, Study of the effect of shielding gas composition on the mechanical weld properties of steel ST 37-2 in GMAW 2009.
3. Ramy Gadallah, Raouf Fahmy, Tarek Khalifa, Alber Sadek, Influence of Shielding Gas Composition on the Properties of Flux-Cored Arc Welds of Plain Carbon Steel, 2012.
4. A. Tonbang, W. Jinshan, S. Jiguo, T. Zhiling, Influence of Shielding Gas Composition on Microstructure Characteristics of 1000 MPa Grade Deposited Metals, 2018.

# Teorētiskās mehānikas un materiālu pretestības katedra

---

**Olga Kononova, Svetlana Sokolova, Vladislavs Jevstignejevs,  
Mārtiņš Irbe**

## **Programma *Mathcad* – drošs rīks studentu rokās**

### *Mathcad is a secure tool in the hands of students*

Atslēgvārdi: datormācība, *Mathcad*, optimizācijas metodes.

Studiju kursa «Datormācība» mērķis ir nodrošināt studējošiem prasmi veikt inženieruzdevumos nepieciešamos aprēķinus *Mathcad* vidē. Studējošie iegūst kompetenci izmantot *MathCad* operatorus un novērtēt aprēķinu rezultātu ticamību. Daudziem studentiem matemātika šķiet garlaicīga un neinteresanta zinātne. Un kas gan varētu būt interesants formulās, lemmās, teorēmās? Tomēr mūsdienu datoru laikmetā matemātiku var «atdzīvīnāt», šim nolūkam izmantojot specializētas programmatūru paketes matemātiskai apstrādei. Šobrīd ir izveidots daudz šādu pakešu. Specializētās paketes matemātiskai apstrādei pēdējā laikā ieņem arvien lielāku nišu datoru programmatūras tirgū. Un tas ir pamatoti, jo dažādu jomu speciālisti saprot, ka ar datoru palīdzību matemātiķi var sākt strādāt visās fundamentālo zināšanu jomās. Matemātiskas metodes ir nepieciešams izmantot vairāku problēmu risināšanai. Dažas no šīm metodēm ir iebūvētas kā atsevišķas funkcijas vispārējas paketēs, piemēram, *Microsoft Excel*. Tomēr šim nolūkam ir arī specializētas paketes matemātiskai datu apstrādei: *Mathematica*, *MatLab*, *MathCAD*, *Maple*, *Gause* u. c. Izmantojot *Mathcad* programmu, var atrisināt daudzas lietišķās problēmas.

*Mathcad* ir datorizētas algebras sistēma no datorizētu projektēšanas sistēmu klases, kas vērsta uz interaktīvu dokumentu sagatavošanu ar aprēķiniem un vizuālu atbalstu, tā ir ērta lietošanā, to var izmantot komandas darbā. *Mathcad* ir iecerējis un sākotnēji uzrakstījis Alens Razdovs no Masačūsetsas Tehnoloģiju institūta (MIT), *Mathsoft*, kas kopš 2006. gada ir *Parametric Technology Corporation (PTC)* daļa, līdzdibinātājs. *Mathcad* ir intuitīva un viegli lietojama lietotāja saskarne. Formulu un datu ievadīšanai var izmantot gan

tastatūru, gan īpašas rīkjklas. Dažas *Mathcad* matemātiskās iespējas (līdz versijai 13.1 ieskaitot) ir balstītas uz *Maple* datora algebras sistēmas apakškopu (*MKM, Maple Kernel Mathsoft*). Kopš 14. versijas tiek izmantots *MuPAD* rakstzīmju kodols.

Darbs tiek veikts darblapā, kurā grafiski parādīti vienādojumi un izteicieni atšķirībā no tekstuālajiem apzīmējumiem programmēšanas valodās. *WYSIWYG (What You See Is What You Get)* – tas, ko jūs redzat, ir tas, ko jūs saņemat) princips tiek izmantots, lai izveidotu pieteikuma dokumentus. Lai gan šī programma galvenokārt ir paredzēta lietotājiem, kas nav programmētāji, *Mathcad* tiek izmantots arī sarežģītos projektos, lai vizualizētu matemātiskās modelēšanas rezultātus, izmantojot sadalītas skaitļošanas un tradicionālās programmēšanas valodas. *Mathcad* bieži izmanto arī lielos inženierijas projektos, kur liela nozīme ir izsekojamībai un standartu ievērošanai. *Mathcad* ir diezgan ērti izmantot mācību, skaitļošanas un inženiertehnisko aprēķinu veikšanai. Programmas lietotāju skaits pasaulē ir aptuveni 1,8 miljoni.

Programma *Matchad* ir svarīgs instruments, ko studenti var izmantot tālākizglītībai, tā palīdzes studentiem veikt aprēķinus daudzos priekšmetos: teorētiskā mehānika; tehniskā mehānika; materiālu pretestība; optimizācijas metodes; robotu kinemātika; rotoru mašīnas; triecienu teorija; dinamika un vadība; ceļšanas un transporta mašīnas; vibrotehnika un vibromašīnas; skaitliskā analīze inženiermehānikā; tehnisko sistēmu svārstības un stabilitāte; mehāniskās svārstības un akustika. Turklāt inženiertehnikas, mehānikas un mašīnbūves studenti plaši izmanto *Matchad* programmas aprēķinus bakalaura un maģistra darbos.

**Svetlana Sokolova, Olga Kononova, Juris Kalinka**

## **Fundamentāla priekšmeta «Materiālu pretestība» attīstība, lietojot mūsdienu datorprogrammas**

### *Development of the fundamental subject «Strength of Materials» using modern computer programs*

Atslēgvārdi: materiālu pretestība, galīgo elementu metode, datorprogramma.

Viens no tehniskās izglītības būtiskākajiem studiju kursiem ir «Materiālu pretestība». Šis tradicionālais kurss ļauj studentiem saprast, kas notiek materiālā galvenajos slogojuma veidos, analizējot iekšējos spēka faktoros un bīstamo šķēlumu, ļauj veikt aprēķinus par vienkāršāko inženierbūvju konstruktīvo elementu stiprību, izturību un stingumu.

Tomēr saistībā ar jauno tehnoloģiju un datorprogrammu attīstību rodas nepieciešamība pielāgot studiju kursu mūsdienīgām skaitļošanas tehnoloģijām uz galīgo elementu metodes (GEM) bāzes.

Modernās skaitļošanas tehnoloģijas piedāvā citu deformēta konstrukcijas stāvokļa noteikšanas metodiku, pamatojoties uz konstrukcijas sadalīšanu atsevišķos apgabalos, kuros ir vienādas materiālu pretestības attiecības. Tradicionālajā materiālu pretestībā šī metodika ir piemērojama, aplūkojot konstrukciju pa posmiem.

Ar stieņa, sijas vai čaulas piemēru studentiem tiek rādīta GEM būtība, izmantojot *Solidworks* vai *ANSYS* programmas. Turklāt viss balstīts tradicionālā materiālu pretestības kursa pamatjēdzienos.

Ar ko ir pievilcīga GEM «Materiālu pretestība» metodiskā plānā?

1. Tās pamatā ir materiālu pretestības aprēķinu formulas konstrukcijas siju aproksimācijai (stienis, rāmis, plakanu šķēlumu hipotēze, stiprības hipotēzes).
2. Pateicoties mūsdienu saskarnei (par kuras attīstību cīnās visi galīgo elementu pakešu ražotāji), students ekrānā redz objektu no dažādiem skata punktiem, tā deformāciju, spriegumu. Turklāt viss ir animācijā un krāsu gammā, ko mācībspēks uz tāfeles parādīt nespēj.
3. Ātrāka rezultāta iegūšana, kas ļauj vairākkārt rēķināt dažādus objektus, tādējādi veidojot izpratni par to, cik sarežģīti objekti tiek lietoti.
4. Ekrānā students var redzēt nevis vienkāršotu aprēķina shēmu, bet gan galīgo elementu modeli, kas ir maksimāli tuvs reālajam objektam.

5. Rezultātā labi sagatavotie studenti saprot būtību, kā arī iegūst darba iemaņas profesionālajās programmās un kļūst konkurētspējīgāki darba tirgū. Viņi var atbildēt ne tikai uz jautājumu «kā ievadīt parametrus datorprogrammā», bet arī prot analizēt iegūtos rezultātus.

Abas šīs metodes studenti veiksmīgi izmanto bakalaura un noslēguma darbos, viņi var analītiski aprēķināt konstrukciju elementus, pēc tam tos modelēt un skaitliski aprēķināt, izmantojot vienu no programmām. Pateicoties šīm prasēm, lielākā daļa mūsu programmas 3. kursa studentu jau strādā specialitātē un ir pieprasīti speciālisti.

**Svetlana Sokolova**

## **Priekšmeta «Mehānika» digitalizācija ESF projektā «Rīgas Tehniskās universitātes efektīvas pārvaldības attīstība»**

### *Digitization of the subject Mechanics within the framework of the ESF project «Development of Effective Management of Riga Technical University»*

Atslēgvārdi: mehānika, digitalizācija, attālinātās studijas, *moodle*.

Studiju kursu «Mehānika» docē arī citu fakultāšu studentiem, Neklātienes departamenta studentiem, kā arī Cēsu studiju un zinātnes centra studentiem. Kursa saturs galvenokārt ir teorētisks, studentu skaits – samērā liels, tāpēc digitalizācijai tika izvēlēts tieši šis kurss.

Digitalizācijas procesā esam paveikuši vairāk, nekā bija nepieciešams, ņemot vērā projekta minimālās prasības.

Priekšmets ietver divus lielus moduļus: cietā ķermeņa mehānika; nepārtrauktas vides mehānika. Par katru moduli tika ierakstītas četras videolekcijas, kopā astoņas lekcijas. Katrā modulī studenti raksta kontroldarbu esejas veidā, kur tie sniedz savus piemērus par norādīto tēmu, lai parādītu tēmas izpratni. Viņi drīkst izmantot interneta resursus, mērķis – atrast reālus objektus, uz kuriem attiecas teorija, ko viņi noklausījušies lekcijās. Izmantojot *moodle*, studentiem jāatbild uz testa jautājumiem, kas skar lekcijās noklausītās tēmas.

Vislielāko studentu interesi izraisa interaktīvie testi ar neierobežotu mēģinājumu skaitu, kas sastādīti pašpārbaudei. Kopumā studiju kursā ir daudz pārbaudes darbu, taču tie atšķiras gan saturiski, gan metodiski, tāpēc studenti nesūdzas par daudzajiem pārbaudījumiem. Par katru tēmu papildu materiālos ir ievietoti video, kas ir brīvi pieejami tīmeklī. Tie var būt *Discovery* kanāla zinātnisko filmu fragmenti, dažādu notikumu vai nelaimes gadījumu video, ko nofilmējuši aculiecinieki, kā arī mērķtiecīgi veikti eksperimenti. Tas ļauj studentiem samērā sarežģīto materiālu uztvert nevis kā vienādojumu un formulējumu kopu, bet gan redzēt to izmantošanu dzīvē, kā arī to, kas notiek, ja aprēķini veikti nepareizi.

Jaunais digitalizētais kurss paredzēts attālinātām studijām bez klātienes lekcijām. Lekcijas ir ierakstītas, tāpēc katrs students var izvēlēties sev ērtāko skatīšanās laiku. Jebkurā brīdī lekciju var apturēt, paskatīties vēlreiz vai

rakstīt piezīmes. Neraugoties uz to, ka tiešsaistes lekciju nav, katru nedēļu studentiem ir pieejamas konsultācijas platformā *Zoom*, kad ikviens no tiem var pieslēgties un uzdot savus jautājumus. Jāatzīst, ka, strādājot šādā formātā, interese un papildu jautājumi rodas daudz vairāk nekā pēc ierastajām lekcijām auditorijā.

Studiju kursa noslēguma pārbaudes darbs notiek «mehāniskā diktāta» veidā, kad studentiem ierobežotā laikā jāatbild uz vienkāršākajiem jautājumiem (atbildei var būt viens simbols, vārds vai skaitlis), kas aptver visu kursu. Tas ļauj pārbaudīt, vai studenti spēj pareizi izmantot galvenos terminus, vai ir zināmi mehānikā lietojamie pamatparametri un likumi. Pēc ieskaitei beigām parasti notiek diskusija, kurā tiek apspriestas pareizās atbildes. Tas palīdz studentiem sakārtot un strukturēt zināšanas.

Jāsaka, ka studiju priekšmeta digitalizāciju studenti novērtējuši pietiekami augstu. Mehāniku attālināti lasa jau trešo semestri. Tālāk tekstā publicēti daži komentāri no anketēšanas, kas tradicionāli notiek semestra beigās.

«Ļoti labi organizē attālinātās mācības, ir pieejama visa nepieciešamā informācija, viss ir viegli atrodamas, pārskatāms un saprotams.»

«Bija ļoti patīkami redzēt, ka lekcijas ir ierakstītas videoformātā, un tām bija lielāka jēga, jo bija pieminēti fakti, kas nebija minēti konspektos.»

«Ļoti interesants un kvalitatīvs kurss. Ļoti laba reakcija uz attālināto mācīšanos tādā ziņā, ka pasniedzēja ierakstīja videolekcijas, ko ir iespējams noskatīties jebkurā laikā. Zināšanas par mehāniku tik tiešām šis kurss ļoti paplašināja!»

# Siltumenerģētisko sistēmu katedra

---

**Sergejs Vostrikovs**

## **Siltumapgādes sistēmas konstruēšanas grafiskā vide**

### *Graphic development platform for heat supply system*

Atslēgvārdi: konstruēšana, projektēšana, *AutoCAD*, siltumapgādes sistēmas.

Mūsdienu siltumapgādes sistēmas projektēšana, neapšaubāmi, nav iedomājama bez automatizētas konstruēšanas grafiskā vidē. Projektēšana un sarežģīto objektu konstruēšana šajā vidē ļauj laikus pamanīt un izlabot tehniskas kļūdas, izveidot un saskaņot siltumapgādes sistēmu, kas atbilst Eiropas Savienības noteikumiem un normatīviem.

Viena no tādām automatizētas konstruēšanas grafiskām vidēm ir *AutoCAD 2020*. Šajā vidē ir iespējams izveidot visus nepieciešamus rasējumus jebkurai siltumapgādes sistēmas sastāvdaļai. Salīdzinot ar iepriekšējām programmas versijām, šajā programmas versijā fona un ikonu krāsas ir uzlabotas, lai panāktu optimālu kontrastu, nenovirzot uzmanību no rasēšanas zonas. Kontekstuālās cilnes tagad izceļas skaidrāk, kad tās ir aktīvas, piemēram, rediģējot tekstu vai izveidojot iesvītrojumus.

*AutoCAD 2020* izmanto sistēmas mainīgos, lai kontrolētu slāņus jaunām dimensijām, iesvītrojumiem, centra līnijām un centra atzīmēm. Piemēram, tagad var iestatīt slāni iesvītrojumiem neatkarīgi no pašreizējā slāņa.

Jaunais sistēmas mainīgais *TEXTLAYER* nodrošina šo iespēju teksta un multirindu teksta objektiem. Tas darbojas tāpat kā sistēmas mainīgie *CENTERLAYER*, *DIMLAYER*, *HPLAYER*, *PDFSHXLAYER* un *XREFLAYER* darbojas ar to attiecīgajām funkcijām. Sistēmas mainīgā *SECUREREMOTEACCESS* darbības joma tagad ietver ierobežojumu pārvaldību *ObjectARX* programmām augšupielādēšanai interneta vietnēs un attālos serveros. Šajā versijā var izmantot atsevišķu dialoglodziņu, lai norādītu izmēru, slāņu, līniju tipu un teksta standartus.

Katrai siltumapgādes sistēmas sastāvdaļai, izmantojot ievietošanas dialoglodziņu, priekšskatījumā var redzēt labākas vizuālās kvalitātes



blokus. Dialoglodziņš uzlabo vairāku bloku atrašanās un ievietošanas efektivitāti un ietver jaunu pārvietošanas iespēju, lai palīdzētu novērst nevajadzīgas darbības.

Lai atvieglotu siltumapgādes sistēmas iekārtu rasējuma tīrīšanu un organizēšanu, *AutoCAD 2020* versijā ir pārveidota attīrīšanas funkcija. Vadības opcijas lielākoties nav mainījušās, taču orientēšanās funkcija ir kļuvusi efektīvāka, ir pievienota arī iespēja mainīt priekšskatījuma apgabala lielumu. Tagad var noņemt nulles garuma ģeometriju, nenotiekot tukšus teksta objektus. Noklikšķinot uz pogas, tiek parādīta informācija par to, kāpēc atzīmēto vienumu nevar noņemt.

Ir uzlabota arī salīdzināšanas funkcija – pievienota iespēja tieši salīdzināt un rediģēt pašreizējo rasējumu kopā ar norādīto rasējumu salīdzināšanas režīmā. Salīdzinājums tiek veikts pašreizējā rasējumā. Visas izmaiņas, kas veiktas pašreizējā vai salīdzinātajā rasējumā, tiek dinamiski salīdzinātas un izceltas ar krāsu. Papildus var eksportēt abus rasējumus uz jaunu rasējuma momentuzņēmumu, kas ietver abu rasējumu līdzības un atšķirības. Rezultāts ir līdzīgs rasējumu salīdzināšanai programmā *AutoCAD 2019*. Bultiņu pogas ļauj pārvietoties pa katru izmaiņu kopu, automātiski palielinot katru nākamo vai iepriekšējo izmaiņu kopu.

## Izmantotā literatūra

1. Elliot J. Gindis, Robert C. Kaebisch. Up and running with AutoCAD 2020: 2D drafting and design. – London: Academic Press, an imprint of Elsevier, 2020. – 574. lpp.
2. Autodesk, Inc. AutoCAD Mechanical 2020: essentials. – Charlottesville, VA: ASCENT Center for Technical Knowledge, 2019. – 676. lpp.
3. Munir M. Hamad, Autodesk Approved Instructor. AutoCAD 2020 3D modeling. – Dullas, VA: Mercury Learning and Information, 2019. – 381. lpp.
4. James A. Leach, Shawna Lockhart, Eric Tilleson. AutoCAD 2020 instructor: a student guide for in-depth coverage of AutoCAD's commands and features. – Mission, KS: SDC Publications, 2019. – 1227. lpp.

**Sergejs Vostrikovs, Varis Žentiņš, Dmitrijs Rusovs**

## **Klimatneitralitāte, tehnogēno risku mazināšana un atjaunojamo energoresursu izmantošana siltumapgādē un enerģētikā**

### *Climate neutrality, reduction of technogenic risks and use of renewable energy sources in heat supply system and energy sector*

Atslēgvārdi: klimata neitralitāte, atjaunojamie energoresursi, siltumapgāde, enerģētika.

Lai sasniegtu Eiropas Savienības ilgtermiņa klimata neitralitāti līdz 2050. gadam [1], noteikts starptermiņš – 2030. gads. Lai veicinātu tuvošanos klimata neitralitātei, 2018. gadā tika pārskatīti un paaugstināti atjaunojamo enerģijas avotu un energoefektivitātes mērķi, un laika posmam no 2021. līdz 2030. gadam ir jāsasniedz:

- siltumnīcefekta gāzu emisiju samazinājums vismaz par 40 % (salīdzinot ar 1990. gada līmeni);
- vismaz 32 % atjaunojamās enerģijas;
- energoefektivitātes uzlabojums vismaz par 32,5 % [2].

Izpētot iepriekšējus enerģijas patēriņa datus, var secināt, ka līdz 2016. gadam kopējais pasaules enerģijas patēriņš ir audzis par 1,5 % gadā, no tiem 1,4 % ir fosilā kurināmā patēriņš. Modernās atjaunojamās enerģijas sektors ir audzis par 4,5 %, apkures un dzesēšanas nozarēs tas ir 9,8 %. Transporta sektorā ir vismazākais atjaunojamās enerģijas īpatsvars – ap 3 % (galvenokārt ar biodegvielu). Elektroenerģijai šajā sektorā joprojām ir maza nozīme, t. i., 0,3 %.

2018. gadā elektroenerģijas ražošanas sektorā bija labāka situāciju. Neskaitot hidroenerģiju, vēja stacijas veidoja 5,5 %, saules – 2,4 %, biokurināmā – 2,2 %, ģeotermālās – 0,4 % no kopējās elektroenerģijas ražošanas bilances [3].

Pārskatītie mērķi 2030. gadam nosaka nepieciešamību paātrināt ieguldījumus atjaunojamā enerģijā un nodrošināt fosilo un neilgtspējīgu resursu patēriņa būtisku samazināšanu un vienlaicīgu pāreju uz ilgtspējīgu, atjaunojamo un inovatīvu resursu izmantošanu, nodrošinot vienlīdzīgu pieeju energoresursiem visām sabiedrības grupām [4].



1. att. Latvijas Enerģētikas un klimata politikas virzieni līdz 2030. gadam [4].

1. attēlā redzams, ka Latvijas ceļā uz attīstītu un klimata neitrālu tautsaimniecību būtiska loma ir pētniecībai un inovācijām. Ilgtspējīga atjaunojamo un inovatīvu resursu izmantošana, kā arī esošo resursefektivitātes uzlabošana prasa zināšanas un tehnoloģiju izstrādi. Realizētās politikas pirmie pozitīvie projekti ir 2019. gadā izbūvētais siltuma akumulators ar tilpumu  $V = 5000 \text{ m}^3$ , ko būvējusi SIA «Fortum Latvia» Jelgavā [5], un SIA «Salaspils Siltums» uzstādītie saules paneļi vasaras apkures slodzes segšanai [6].

### Secinājumi

1. Vienota politiskā pieeja laika posmam līdz 2030. gadam palīdz nodrošināt ieguldījumu noteiktību un nodarbinātības iespējas virzoties uz klimata neitralitāti [3].
2. Pārskatītie un paaugstinātie 2018. gadā mērķi paredz veicināt resursu efektīvu izmantošanu, kā arī to pašpietiekamību un dažādību [4].
3. Atjaunojamā enerģijas īpatsvars vēl joprojām neattīstās pietiekami strauji un atpalielē no fosilā kurināmā attīstības tempiem [3].
4. Lai palielinātu atjaunojamās enerģijas īpatsvaru, nepieciešams stimulēt pētniecības un inovāciju attīstību, kas veicinās ilgtspējīgu šī enerģētikas sektora attīstību [4].

### Izmantotā literatūra

1. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law), COM/2020/80 final <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1588581905912&uri=CELEX:52020PC0080>.

2. 2030 climate & energy framework [Tiešsaiste] [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en).
3. REN21 NOW, Renewables 2019 Global Status Report 18 June 2019.
4. Par Latvijas Nacionālo enerģētikas un klimata plānu 2021.-2030. gadam, pieņemts: 04.02.2020. [Tiešsaiste] <https://likumi.lv/ta/id/312423-par-latvijas-nacionalo-energetikas-un-klimata-planu-20212030-gadam>.
5. <https://www.fortum.com/about-us/our-company/our-energy-production/our-power-plants/jelgava-chp-plant>.
6. <https://www.solarthermalworld.org/news/15-mw-sdh-plant-inaugurated-latvia>.

**Dmitrijs Rusovs**

## **Vides pārvaldības mašīnbūvē integrēšana ar dzīves cikla analīzi**

### *Environmental management in mechanical engineering integration with life cost analysis*

Atslēgvārdi: environmental management, mechanical engineering, sustainability.

Environmental management in mechanical engineering get additional value since climate neutrality become urgent issue. Firstly mechanical industry responsible for significant part of total emission and circular economy request consideration of sustainability in all level of global industries. The adaptation of sustainable practices is not just compulsory action dictated by international agreements. The transition to circular economy request paradigm-shifting innovation introduction in new product manufacturing. With wide collaboration, incentives and application of life cost analysis the industry become capable to support global sustainability and the development of a real circular economy in the years ahead. Secondly mechanical engineering had to create and produce in short period huge amount of machinery to ensure transition to climate neutral economy during few decades before 2050. Since that presented report consider implementation of life cost analysis as tool for selecting options that will ensure best combination with application of Environmental management system operation in industry. The following parameters like initial cost, operation cost, maintenance and repair cost, disposal and replacement cost together with residual value should be considered discount rate and estimation of present value. Also levelized cost per value together with levelized cost of energy introduction in manufacturing process will ensure «green» products image. Eco-innovation leads toward a sustainable development, while circular economy is defined as a strategy to close economical loops in a permanently regenerative economy to rethink the life cost of product. In future manufacturing should create eco-friendly solution and ensure plan for them to come into full circle with permanent profit generation target. Since mechanical industry adapts to new idea and commitment to an environmental transition the life cost analysis will play a key role in environmental management system implementation. The case of optimum design for thermal energy recovery from manufacturing process considered from emission and initial cost, various discount rate for different period of time. Presented U-shaped curve with clear optimum demonstrate advantage of presented approach.

- 87 **Automobiļu katedra**
- 87 Autotransporta nozares attīstības vēstures izpratnes nozīmīgums autotransporta studiju procesā
- 89 Izaicinājumi studiju kursa «Transportlīdzekļu mehānika» realizēšanā un pilnveidē
- 91 Uzņēmējdarbības studijas autotransporta inženieru studiju programmā
- 93 Elektrosistēmas sprieguma ietekme uz automobiļu lukturu apgaismojumu
- 95 Novitātes automobiļu virsbūvju un rāmju remontā
- 97 Galvenā pārveda pārbaudes stenda izstrāde kvalitatīva remonta tehnoloģiskā procesa nodrošināšanai
- 99 **Dzelzceļa inženierijas katedra**
- 99 Par lokomotīvju jaudas pārvadu un enerģētisko iekārtu jomas studiju kursu satura modernizācijas iespējām
- 101 Par studiju kursu «Ievads specialitātē», «Dzelzceļa tehniskās ekspluatācijas noteikumi», «Kravas un komercdarba organizācijas pamati» satura aktualizēšanu atbilstoši mūsdienu situācijai
- 103 Izaicinājumi kravu pārvadāšanas un pārkraušanas tehnoloģiju studiju kursu pilnveidošanā
- 105 Izaicinājumi dzelzceļa transporta loģistikas studiju kursu pilnveidošanā
- 107 Izaicinājumi dzelzceļu sakaru un telekomunikācijas sistēmu studiju kursu pilnveidošanā
- 109 Racionāla eksperimentu plānošana, metamodeļu sintēze un pētāmās sistēmas optimizācija

# Automobiļu katedra

---

**Andris Skārds, Māris Gailis, Juris Kreicbergs, Gundars Zalčmanis**

## **Autotransporta nozares attīstības vēstures izpratnes nozīmīgums autotransporta studiju procesā**

*Significance of understanding the historical aspects of the development of road transport industry in the process of automotive engineering studies*

Atslegvārdi: autotransporta vēsture, autotransporta studijas.

Studiju procesā iegūtajām zināšanām, prasmēm un kompetencēm jābūt tādām, lai tās varētu izmantot studentu profesionālajā darbībā pēc studiju noslēguma. Lai atvieglotu ieskatu nākotnes tehnoloģiju attīstībā, ir jāpārzina to vēsturiskā attīstība, turklāt nevis, saredzot to kā vēsturisku faktu kopumu, bet kā savstarpēji saistītu notikumu ķēdi, kur attīstību veido gan apkārtējā sabiedrība, gan atsevišķas izcilas personības, tehnoloģiskās iespējas un inovatīvi uzņēmumi.

Autotransporta un spēkratu speciālistiem ir būtiski izprast transporta sistēmu attīstības tendences pasaulē, kas ir visai cieši saistītas ar autotransporta uzņēmējdarbības vēsturisko attīstību Latvijā. Lai palīdzētu izprast autotransporta tehnoloģiju un uzņēmumu attīstību, profesionālajā maģistra studiju programmā «Automobiļu transports» iekļauts studiju kurss «Automobiļu uzņēmumu un tehnoloģiju attīstības vēsture». Ja pasaules autobūves vēsturiskās attīstības galvenos stūrakmeņus autotransporta studenti parasti atpazīst, liela daļa studentu ir informēti arī par autobūves attīstību Latvijā, tad mazāka izpratne ir par autobūves, autopārvadājumu un pēcpārdošanas produktu ražotāju uzņēmumu vēsturiskajām attīstības likumsakarībām un atsevišķu izcilu personību, ne tikai automobiļu konstruktoru, bet arī ražošanas un produktu attīstības veidotāju, ieguldījumu nozares attīstībā. Izprast nozares līderu ieguldījumu ir īpaši svarīgi studiju procesā, jo no universitātes absolventiem sabiedrība sagaida atdevi atbilstoši ieguldījumiem izglītībā. Izpratne par atsevišķu līderu iespējamo ieguldījumu iedrošina jaunos speciālistus viņu karjeras sākšanā.

Automobiļu tehnoloģiju attīstības vēsturi ir vērtīgi izprast gan saistībā ar teorētiskās domas attīstību, ražošanas tehnoloģiju attīstību, uzņēmējdarbības vides attīstību, gan ar sabiedrības vajadzību un vēlmju izmaiņām. Īpaši vērtīgi ir pārzināt vēsturiskos procesus savā reģionā, jo autobūvei Latvijā ir bagāta vēsture. Tomēr autotransporta nozare ir ne tikai automobiļu ražošana, bet arī kravu un pasažieru pārvadājumu attīstība ar autotransportu, autotransporta infrastruktūras attīstība, automobiļu apkopes un remonta uzņēmumu attīstība, rezerves daļu un papildaprīkojuma ražošana un pieejamības nodrošināšana, ceļu satiksmes drošības veidošana, pasākumu komplekss autotransporta negatīvās ietekmes uz vidi samazināšanai, sasaiste ar citiem transporta veidiem un arī autosports, kas ir augsti attīstīto tehnoloģiju izstrādes, izmēģinājumu un ieviešanas stūrakmens. Liela daļa balstās uz daudzu privātu uzņēmumu iniciatīvu.

Latvijas brīvvalsts laikā strauji pieauga automobiļu skaits, pagājušā gadsimta 20. gados – desmitkārtējās. Radās nepieciešamība pēc autoparku paplašināšanas un atjaunošanas. Tā radās pēc licences ražotu *Ford* markas automobiļu ražotne valsts akciju sabiedrībā «Vairogs». Ražotne galvenokārt montēja trīs tonnu kravnesības 85 ZS kravas automobiļus no importētām detaļām. Ražotnē izgatavoja arī autobusu virsbūves uz importētām *Sauer* šasijām un dažādus Kara ministrijas pasūtījumus. Padomju okupācijas laikā nozīmīgu pienesumu nozares attīstībā Latvijā deva «RAF» automobiļu ražotne. Pēc valstiskās neatkarības atjaunošanas sāka veidoties jauni automobiļu tirdzniecības un pēcpārdošanas apkalpošanas uzņēmumi. Vienlaikus attīstījās uzņēmumi, kas nodrošināja rezerves daļas, ekspluatācijas materiālus un tehnoloģisko aprīkojumu tehniskajām apkopēm un remontam. Kā atšķirīgi uzņēmējdarbības modeļi attīstījās nelielie autoservisi autoparka uzturēšanai, kura vidējais vecums ir viens no lielākajiem Eiropas Savienībā, un automobiļu dīleru centri, kas pārstāvēja automobiļu ražotājus un nodrošināja jauno automobiļu pēcpārdošanas apkalpošanu. Strauji veidojās un attīstījās arī autopārvadātāju uzņēmumi, kam vēl plašākas iespējas radās pēc Latvijas iestāšanās Eiropas Savienībā.

Jaunu uzņēmumu veidošanā un to darbības nodrošināšanā ir piedalījušies arī RTU autotransporta studiju programmas absolventi, un viņu ieguldījumu izprast pašreizējiem studentiem var būt īpaši nozīmīgi. Studenti Latvijas un pasaules autotransporta nozares attīstību izzina, veicot individuālus pētījumus, iepazīstoties ar mērķtiecīgi sagatavotajiem studiju materiāliem, kā arī tiekoties ar absolventiem – autotransporta nozares attīstītājiem Latvijā.



**Oskars Irbītis, Gundars Zalcmanis, Ēriks Vonda**

## **Izaicinājumi studiju kursa «Transportlīdzekļu mehānika» realizēšanā un pilnveidē**

### *Challenges in the Implementation and Improvement of the Study Course Vehicle Mechanics*

Atslēgvārdi: transportlīdzekļu mehānika.

Viens no aktuālākajiem jautājumiem autobūvniecībā ir krasās izmaiņas automobiļu konceptuālajos risinājumos. Notiek pāreja no iekšdedzes motora automobiļa uz elektromobili, un tā rezultātā krasi mainās transmisijas konstrukcija. Tiek izveidoti tiešās piedziņas elektromobiļi, un vienlaikus joprojām tiek ražoti un pilnveidoti automobiļi ar tradicionālo iekšdedzes motoru un manuālo pārnesumkārbu. Līdzīga situācija ir arī citu agregātu attīstībā. Daudzi mehāniskie agregāti tiek aizstāti ar elektriskajiem. Straujās izmaiņas autobūves jomā skar arī tehnisko apkopi un saistītās nozares – loģistiku, transporta plānošanu, ceļu satiksmes negadījumu izmeklēšanu u. c.

Mācot autotransporta nozares speciālistus – tehniskās apkopes speciālistus, negadījumu izmeklēšanas ekspertus u. c., nākas saskarties ar būtisku jautājumu – kuras tēmas un kādā apjomā būtu jāamāca attiecīgajās studiju programmās, lai speciālisti tiktu sagatavoti gan aktuālajai situācijai, gan nozares perspektīvajiem risinājumiem. Šobrīd ir grūti prognozēt turpmāko transporta nozares attīstību un panākt ideālu studiju programmu šā brīža studentiem, lai apgūtās zināšanas būtu aktuālas pēc tam, kad studenti nonāks darba tirgū.

Autoindustrijas starptautiskajos nolīgumos definētā attīstības politika nosaka virzību uz augsti tehnoloģiskiem, ilgtspējīgiem transportlīdzekļiem ar minimālu ietekmi uz apkārtējo vidi. Paralēli noteikta autobūves virzība uz maksimāli drošiem automobiļiem, tai skaitā – uz autonomas vadības un bezpilota automobiļiem.

Latvijā autoparka struktūra būtiski atšķiras no autoparka struktūras Eiropas valstīs. Latvijā vairumam transportlīdzekļu vecums pārsniedz desmit gadu. Tādējādi Latvijas autoparks atpaliek no attīstīto Eiropas valstu autoparka vismaz par divām attīstības paaudzēm. Laikā, kad notiek strauja tehnoloģiju nomaīņa, autoparka atšķirības starp ekonomiski attīstītajām un mazāk attīstītajām valstīm vēl vairāk palielināsies. Veidojot studiju kursus autotransporta specialitātes studentiem, kuri nākotnē strādās transporta

nozārē Latvijā, ir jāparedz sabalansēta studiju programma, kurā tiek aplūkoti jautājumi, kas ir aktuāli pašreizējā Latvijas situācijā ar morāli un tehnoloģiski salīdzinoši novecojušiem transportlīdzekļiem ar zemu nākotnes potenciālu, un vienlaikus jānodrošina arī zināšanas par šobrīd aktuālajām un perspektīvajām tehnoloģijām transporta nozarē. Šāda duāla situācija nosaka to, ka studentiem gan mācību programmā kopumā, gan konkrētajā studiju kursā ir jāapgūst ļoti plašs un daudzveidīgs konstruktīvo risinājumu un tehnoloģiju klāsts, lai jaunie speciālisti arī nākotnē būtu konkurētspējīgi gan lokālajā, gan starptautiskajā darba tirgū. Morāli novecojušie tehnoloģiskie risinājumi turpmākajos gados aktualitāti zaudēs.

Apgūstamo zināšanu apjoms studiju kursam noteiktajās lekciju un praktisko darbu nodarbībās palielinās, taču kursa apjomu palielināt ir problemātiski, jo iepriekš minētais attiecas arī uz citu studiju kursu apguvi. Tādējādi studentiem pasniegto zināšanu klāsts ir daudzveidīgāks, bet tas nav tik detalizēts. Pilnīgai zināšanu apguvei studentiem ir vairāk jāstrādā individuāli. Rezultātā palielinās summārā mācību slodze.

Lai radītu aktuālu, autotransporta nozarei piemērotu studiju kursu, ir jāveido zinātniski pamatota prognozēšanas sistēma par mūsu valsts perspektīvo attīstību autotransporta nozarē, lai studentiem pamatoti sabalansētā apjomā tiktu mācītas gan Latvijai aktuālās salīdzinoši novecojušās tehnoloģijas, gan arī autobūves progresīvākie un perspektīvie risinājumi.

Īpaši aktuāls šis jautājums ir ceļu satiksmes drošības jomā – ja satiksmē vienlaikus piedalās liels skaits vecu automobiļu un mūsdienīgi automobiļi, tad speciālistiem, kas veic negadījuma rekonstrukciju, ir detalizēti jāpārzina gan novecojušas, gan vismūsdienīgākās tehnoloģijas.

Latvijas izglītības jomai ir sarežģītāk nodrošināt tautsaimniecības aktuālajai situācijai atbilstošus speciālistus nekā valstīm ar vecuma ziņā vienmērīgāku autoparku.

**Juris Kreicbergs, Māris Gailis**

## **Uzņēmējdarbības studijas autotransporta inženieru studiju programmā**

### *Business studies in Automotive engineering study program*

Atslēgvārdi: uzņēmējdarbība autotransportā.

Augstākajā izglītībā ir pašsaprotams, ka zināšanu, prasmju un kompetenču pamati tiek veidoti pirms universitātes. Inženierzinātnēs tradicionāli tiek sagaidīts, ka katrs jaunais students spēj izmantot saziņas, matemātikas, fizikas, ķīmijas, digitālās un citas vispārējās pamatprasmes.

Tomēr, pat tad, kad studenti nokļūst līdz trešajam kursam un analizē automobiļa dinamiku, var konstatēt, ka nepieļaujami liela studentu daļa, pat tie, kas universitātē nokārtojuši pārbaudījumus studijuursos fizikā un teorētiskajā mehānikā, ne tikai nevar lietot prasmes, bet pat ar grūtībām var parādīt Ņūtona mehānikas izpratni vidusskolas līmenī.

Kopš saskaņā ar Ministru kabineta noteikumiem par otrā līmeņa profesionālās augstākās izglītības valsts standartu ir noteikts, ka profesionālā bakalaura studiju programmā obligāti iekļaujams modulis uzņēmējdarbības profesionālās kompetences veidošanai, programmā tika ietverts modulis «Inovatīvu produktu izstrāde un uzņēmējdarbība», kam saskaņā ar noteikumiem jāietver biznesa ekonomikas pamati, zināšanas par finanšu uzskaiti un darba tiesisko attiecību regulējumu. Inženierzinātņu studiju programmā var ietvert ierobežotu daudzumu uzņēmējdarbības studiju kursu, tāpēc, ieviešot moduli, no programmas tika izņemta ekonomika un vēl divi izvēles uzņēmējdarbības kursi.

Skatot vispārējās vidējās izglītības mācību priekšmeta programmas, var redzēt, ka ekonomikā paredzēts apgūt visai plašu jautājumu loku un, ja to students ir apguvis pirms studijām, ekonomikas un uzņēmējdarbības pamatus tiešām var nemācīt universitātes studiju kursā. Turklāt ekonomikas pamatus paredzēts apskatīt arī modulī, tāpēc ekonomikas kursa izņemšana no studiju programmas bija pamatota.

Studiju noslēguma projektā autotransporta programmā piedāvātais tehnoloģiskais risinājums vienmēr bijis jāpamato no uzņēmējdarbības viedokļa. Vairāk nekā 10 gadu esam konsultējuši studentus par uzņēmējdarbības risinājumiem saistībā ar bakalaura darbiem. Līdz ar to ir uzkrājusies pieredze par

autotransporta studentu gatavību studiju noslēguma posmā papildus inženiertehnisko problēmu risināšanai veidot arī uzņēmējdarbības piedāvājumu.

Lai studiju noslēguma stadijā studenti varētu veidot pēc iespējas praktiskāk realizējamus uzņēmējdarbības projektus, studiju programmā tika pievienots studiju kurss «Autotransporta uzņēmumi». Studiju kursā tiek apskatīts, kā uzņēmuma izvēlētas tehnoloģijas un tehnoloģiskais plānojums, piedāvātās preces un pakalpojumi saistīti ar uzņēmējdarbības rezultatīvajiem rādītājiem, analizēts, kā iespējams dažādot mārketinga piedāvājumus autotransportā, kā, kontrolējot konkrētās izmaksas un izvēloties saprātīgu finansējumu, var veikt sekmīgus uzņēmējdarbības projektus autotransportā.

Strādājot ar studentu automobiļu dinamikas studiju darbiem, ar katru gadu vairāk laika jāpatērē, lai studenti atjaunotu vai nostabilizētu izpratnē vienkāršos mehānikas jēdzienus un likumsakarības – ātrumu, paātrinājumu, darbu, jaudu, lietderības koeficientu, kinētisko, potenciālo enerģiju, impulsu, inerces momentu, Ņūtona likumus un citus jau vidusskolas kursā apgūstamus jēdzienus.

Strādājot ar bakalaura darbu uzņēmējdarbības daļu, īpaši pēdējos gados, kad apmācībā ieviests studiju modulis, kurā liela uzmanība pievērsta produktu un koncepciju izstrādei un analīzei, arvien retāk var sagaidīt, ka students izprot vienkāršākos uzņēmējdarbības jēdzienus – atšķir uzņēmējdarbībā aprēķināmo peļņu no sarunvalodā lietotā nopelnīšanas jēdziena, izmaksas no naušanas maksājumiem vai finansēšanas, ilgtermiņa ieguldījumus no apgrozāmiem līdzekļiem vai reklāmu no mārketinga.

Nepietiekamas zināšanas mehānikas pamatjēdzienos kavē automobiļu dinamikas izpratni. Nepietiekama uzņēmējdarbības pamatjēdzienu izpratne kavē atrisīt studentu aktivitāti uzņēmējdarbības projektu izstrādē. Neatkarīgi no tā, kurā stadijā nav apgūti vienkāršākie jēdzieni, gan inženierzinātņu, gan uzņēmējdarbībasursos būtu jāpievērš būtiska uzmanība ne tikai konkrētā studiju kursā paredzētajam saturam, bet arī pamatjēdzienu izpratnei un spējai tos lietot praktisku uzdevumu veikšanai.

**Gundars Zalcmānis, Ēriks Vonda, Artūrs Bogdānovs**

## **Elektrosistēmas sprieguma ietekme uz automobiļu lukturu apgaismojumu**

### *Electrical system voltage impact on the car headlights illuminance*

Atslēgvārdi: lukturi, apgaismojums, redzamība, apžilbināšana.

Dažādas valsts un nevalstiskās organizācijas ir apņēmušas veikt pasākumus, lai samazinātu ceļu satiksmes negadījumu, nāves gadījumu un nopietnu ievainojumu skaitu. Daudzas pasaules valstis ir pieņēmušas Zviedrijas aizsākto iniciatīvu satiksmes drošības veicināšanai *Vision Zero*, kuras moto ir: nav pieņemams neviens dzīvības zaudējums. Tiek ieviesti arvien stingrāki noteikumi, pasaules autoražotāji ievieš arvien jaunas drošības sistēmas un jauninājumus. Diennakts tumšajā laikā lielā mērā ceļu satiksmes drošību ietekmē lukturu nodrošinātais ceļa apgaismojums. Lukturu apgaismojums ir atkarīgs arī no automobiļa elektrosistēmas sprieguma vērtības. Elektrosistēmas spriegumu izvēlas, ņemot vērā klimatiskos apstākļus, un šis spriegums dažādiem transportlīdzekļiem ir atšķirīgs. Šī pētījuma mērķis ir noskaidrot, cik lielā mērā ceļa apgaismojumu ietekmē automobiļa energoapgādes sistēmas uzturētā sprieguma vērtība.

Atbilstības novērtēšanas testos spuldžu un lukturu elektriskie un fotometriskie parametri tiek noteikti pie 13,2 V sprieguma, kas ir zemāks nekā automobiļu ekspluatācijas procesā lukturiem pievadītais faktiskais spriegums (13,7 V līdz 14,8 V). Tādēļ eksperimentāli tika pētīts, cik lielā mērā izmainās lukturu apgaismojums un izgaismotais laukums pieļaujamā sprieguma diapazonā, kā arī pazemināta sprieguma gadījumā. Eksperimentālais pētījums veikts RTU MTAf Transporta institūta Automobiļu katedras Diagnostikas un elektroiekārtu laboratorijā. Pētījums veikts pilnīgi aptumšotā telpā, eksperimentos testēti seši sertificēti dažāda veida galvenie lukturi – tradicionālais atstarojošais lukturis, divi bifokālie atstarojošie lukturi, divi daudzsegmentu atstarojošie lukturi un projektortipa lukturis – ar tipveida H1, H4 un H7 12 V spuldzēm. Eksperimentu gaitā tika mērīts lukturu apgaismojums normatīvajos aktos noteiktajos punktos uz 5 m attālumā perpendikulāri novietota, proporcionāli samazināta vertikāla pārbaudes ekrāna atbilstoši ANO EEK 112. noteikumiem. Tad lukturu elektriskais spriegums diapazonā no 12,5 V līdz 15 V septiņas reizes tiek mainīts, un uz ekrāna tiek nolasītas vērtības. Spriegums tika nodrošināts ar līdzcietības avotu B5-21 un mērīts ar digitālo

multimetru *MAS830L*, apgaismojums mērīts ar luksmetru *LX1010BS*. Apgaismojums tika mērīts ekrāna 23 punktos un trīs zonās, uz ekrāna tika noteikta un nofotografēta arī minimālās redzamības apgaismojuma robeža. Lai veiktu rezultātu digitālo apstrādi un salīdzināšanu, redzamības apgabala fotoattēli tika apstrādāti *WebPlotDigitizer* programmā, iegūstot *CSV* failus ar apgaismotā laukuma robežpunktu koordinātēm. Tad tās tika apstrādātas *MS Excel* programmā, lai ekrānā grafiski attēlotu minimālo apgaismojuma robežu.

Palielinot lukturiem pievadīto spriegumu, proporcionāli palielinās apgaismojums pārbaudāmajos punktos ekrānā (novirze no teorētiskās konstantes: 0,4–10,0 %). Analizējot lukturu apgaismojumu tuvās gaismas neapgaismotajā III zonā, tai skaitā arī punktā B50L, kas atbilst pretimbraucošā autovadītāja acu augstumā 50 m attālumā, pētāmajā sprieguma diapazonā vismazākās apgaismojuma vērtības (0,28 lx līdz 0,55 lx punktā B50L un 0,66 lx līdz 1,20 lx III zonā) un vismazākais apgaismotā laukuma augšējās daļas vertikālais pieaugums novērots projektortipa lukturim. Tālās gaismas režīmā noteicošais ir luktura apgaismojums galvenās optiskās ass turpinājuma virzienā. Vislielākais apgaismojums novērots projektortipa lukturim (no 119,1 lx līdz 203,7 lx punktā *E<sub>max</sub>*, no 82,7 lx līdz 135,3 lx punktā *HV*). Vislielākais vidējais minimālās redzamības vertikālais apgaismojuma pieaugums gan apgaismotā laukuma augšējai, gan apakšējai daļai ir novērojams apgaismojuma robežu vidējā daļā ap *y-y* asi. Paaugstinot spriegumu, tuvās gaismas režīmā redzamības attālumu praktiski palielināt nevar, jo to ierobežo gaismas kūļa norobežojošā līnija. Atstarojošajiem lukturiem palielinās apgaismojums tumšajā zonā, kas paaugstina apžilbināšanas risku. Vismazākos apžilbinājuma draudus rada projektortipa lukturis. Apgaismotā laukuma minimālās redzamības robeža pietuvinās automobilim vidēji par 1,1 m.

**Ēriks Vonda, Jānis Rudzītis, Andris Skārds**

## **Novitātes automobiļu virsbūvju un rāmju remontā**

### *Novelties in car body frame*

Atslēgvārdi: virsbūvju remonts.

Senāku automobiļu virsbūvju ražošanā visām virsbūves detaļām galvenokārt tika izmantots auksti velmēts lokšņu tērauds (dekopētais skārds): standarts *EN 10130*, marka *DC 01* un *DC 04*. Pēdējo 10 līdz 15 gadu laikā automobiļu virsbūvju un rāmju nesošajām konstrukcijām tiek izmantoti augstas mehāniskās izturības legētie tēraudi, alumīnijs un kompozītmateriāli. Augstas izturības materiālu izmantošana ļauj samazināt virsbūvju un rāmju svaru, tādējādi padarot vieglāku arī automobili kopumā, vienlaikus nodrošinot augstvērtīgus aktīvās un pasīvās drošības rādītājus. Mainoties izstrādājumam izmantojamam materiālam, mainās arī to remonta un restaurācijas metodes un lietojamās tehnoloģiskās iekārtas. Izmantojot mūsdienīgus materiālus, izmainās arī automobiļa virsbūvju nesošo elementu konstruktīvie risinājumi. Konstrukcijas paredz proporcionālu spēku sadalījumu pa visiem virsbūves nesošās konstrukcijas elementiem. Tiek nodrošināta automobiļa virsbūves dalīta deformācija, virsbūves konstrukcijā iestrādājot gan plastiski deformējamās, triecienus absorbējošās konstrukcijas, gan arī nedeformējamās daļas. Izmantojot šādu virsbūvju izveides koncepciju, ap salonu tiek izveidots mehāniski izturīgs, stings un grūti deformējams drošības karkass, kas nodrošina augstu pasažieru drošību satiksmes negadījumos.

Automobiļu virsbūvju un rāmju rūpnieciskajā ražošanā tiek mainītas arī detaļu metināšanas metodes un tehnoloģiskās iekārtas, nodrošinot kvalitatīvākus metinājumus un samazinot metināšanas darbu ilgumus. Progresīvās metināšanas metodes nav pieejamas virsbūvju individuālajā atjaunošanā un remontā. Virsbūvju remontā galvenā problēma ir augstas izturības legēto materiālu metināšanā un remonta tehnoloģisko iekārtu izvēlē un lietošanā. Veicot virsbūves remonta vai restaurācijas darbus, ir aprūtināta iespēja precīzi noteikt virsbūves izgatavotājrūpnīcas izmantotā materiāla marku. Nezinot metināmā materiāla ķīmisko sastāvu, nav iespējams veikt kvalitatīvu detaļu sametināšanu, kas pilnībā atbilstu izgatavotājrūpnīcas metinājumu mehāniskās izturības normatīvajām prasībām.

Izmantojot augstas izturības legētos tēraudus automobiļu virsbūvju rūpnieciskajā ražošanā, arvien plašāk lieto progresīvo lāzermetināšanu un *lazer + MIG/MAG* tehnoloģiju, ko praktiski nevar lietot nesošo konstrukciju

remonta un atjaunošanas darbos, jo nav tādu lāzermetināšanas tehnoloģisko iekārtu, kas būtu izmantojamas šādu detaļu remonta darbos. Veicot detaļu remonta metināšanas darbus, izmanto punktveida, *MAG/MIG* un *TIG* metināšanas tehnoloģiskās iekārtas. Virsbūvju detaļām, kas ir metinātas ar lāzermetināšanu, remonts ir jāveic ar tradicionālām metināšanas metodēm, vienlaikus detaļām un savienojumiem nodrošinot līdzvērtīgu mehānisko stiprību un stingumu, kā ar lāzermetināšanu. Metinot ar punktveida, *MAG/MIG* un *TIG* metināšanas iekārtām, pēc tam obligāti ir jāveic metinājumu mehāniskās stiprības pārbaudes. Dažādu automobiļu marku virsbūvju detaļas tiek izgatavotas no dažādu marku legētiem tēraudiem. Praktiski katrai remontējamai virsbūvei individuāli jāizvēlas metinājuma metode un tehnoloģiskā iekārta. No sametināmajiem materiāliem izgatavo metinājuma paraugus, izvēlas tehnoloģisko iekārtu, darba režīmus un pārbauda metinājumu mehānisko stiprību.

Remontējot automobiļu virsbūves un rāmjus, kas ražoti pēc 2000. gada un kuru konstrukcijās izmantoti augstas mehāniskas izturības legētie tēraudi, veicot metināšanas darbus, ir jāpārbauda, vai ar lietoto metināšanas veidu iespējams panākt oriģinālai metināšanas metodei atbilstošu stiprību. Izpildot virsbūves ģeometrisku punktu un virsmu atjaunošanas darbus, lietot tikai augstfrekvences sildīšanas iekārtas, kontrolējot remontējamās virsmas pieļaujamo temperatūru. Virsbūvju nesošo konstrukciju slogotākajās vietās, kur veikti remonta vai atjaunošanas darbi, metinājumu vietas un atjaunotās formas virsmas materiāls ir jānormalizē, lai samazinātu materiāla iekšējos spriegumus.



**Jānis Rudzītis, Kārlis Šneps-Šnepe, Imants Šulcs, Andris Skārds**

## **Galvenā pārvada pārbaudes stenda izstrāde kvalitatīva remonta tehnoloģiskā procesa nodrošināšanai**

### *Development of the Final Drive Test Bench to Ensure High-Quality Repair Technology*

Atslēgvārdi: transportlīdzekļa galvenais pārvads, galvenā pārvada pārbaudes stends, galvenā pārvada remonts.

Paaugstinātas pārgājības transportlīdzekļu ekspluatācijas laikā, izmantojot tos poligonā smagos ekspluatācijas apstākļos, iezīmējusies problēma ar transportlīdzekļa transmisijas – galvenā pārvada jeb borta reduktora – elementu defektiem, neļaujot sasniegt ražotāja noteikto nobraukuma resursu. Šādu transmisijas agregātu remonts Latvijā līdz šim nav veikts, jo nav izstrādāts atbilstošs aprīkojums un tehnoloģiskā procesa dokumentācija. Bojātie agregāti tiek sūtīti ārpus Latvijas, lai tur veiktu kapitālo remontu atbilstoši transmisijas ražotāja rekomendācijām.

Pasūtītājam sadarbojoties ar RTU MTAF TI Automobiļu katedru, ierobežotas informācijas pieejamības apstākļos tika veikta sākotnējā tehnoloģisko risinājumu izpēte un analīze, kuras rezultātā tika uzprojektēta stenda konstrukcija un izgatavots pārbaudes stends, kas atbilst transmisijas galvenā pārvada ražotāja noteiktajām prasībām. Lai izstrādātu pārbaudes stenda konstrukciju, tika izmantoti ārpus Latvijas lietota pārbaudes stenda daži pieejamie fotoattēli, galvenā pārvada zemas izšķirtspējas rasējuma fotokopijas un MTAF TI AK darbinieku kompetence un profesionālā pieredze līdzīgu konstrukciju izveidē un remonta tehnoloģijās. Pārbaudes stenda sastāvdaļu izgatavošanā tika izmantoti Latvijā iegādājami materiāli, materiālu apstrādes tehnoloģijas un rūpnieciski izgatavoti mašīnu elementi. Pārbaudes stenda konstrukcijas galvenās sastāvdaļas: pamatne uz vibrobālšiem, kas sametināta no tērauda kvadrātveida profila; balsts uz vadotnēm ērtākai pārbaudāmā transmisijas galvenā pārvada nostiprināšanai stendā; piedziņas elektromotors un speciāli uzkonstruēts adapteris vārpstu asu nesakritības kompensēšanai; vadības un kontroles ierīces; pārbīdāms drošības aizsargs. Izstrādātais pārbaudes stends nodrošina kapitāli atjaunotā galvenā pārvada piestrādi un testēšanu apgriezīnu diapazonā no 60 min<sup>-1</sup> līdz 2900 min<sup>-1</sup>, temperatūras kontroli no –30 °C līdz +150 °C, pievadītās jaudas kontroli vatos u. c.

Izgatavotais pārbaudes stends nodrošina nepieciešamo funkciju izpildi un ir drošs ekspluatācijā. Drošai un efektīvai pārbaudes stenda ekspluatācijai nepieciešams izstrādāt lietošanas instrukciju, taču to būtu iespējams izveidot pēc pārbaudes stenda izmēģināšanas kopā ar pārbaudāmo galveno pārvadu. Katedras darbinieku projektā pilnveidotās prasmes un zināšanas iespējams pārnest uz studentu apmācību procesu, un autotransporta specialitātes saturs būtu izmantojams vairākos studijuursos: autotransporta līdzekļu konstrukcija; autotransporta līdzekļu tehniskā ekspluatācija; autotransporta līdzekļu remonts; transportlīdzekļu tehnoloģiskā aprīkojuma projektēšana u. c.

Pārbaudes stends būtu izmantojams pētījumu veikšanā, kas saistīti ar galvenajam pārvadam raksturīgo defektu cēloņsakarību noteikšanu, analīzi un novērtēšanu. Pastāv iespēja izstrādāt konkrētā galvenā pārvada rumbas konisko rullīšu gultņu tehniski pamatotu regulēšanas metodiku, kā arī novērot un analizēt zobratu zobu darba virsmas nodiluma raksturu un attīstības dinamiku, izmantojot dažādus eļļojošos materiālus. Pētījumu virzieni būtu labi darba uzdevumi maģistra darbu tēmām, un pētījumos varētu iesaistīties autotransporta specialitātes maģistranti. Pētījumos iegūtie rezultāti, to analīze un novērtēšana būtu saistoša vairākos praktiskā bakalaura studijuursos.

# Dzelzceļa inženierijas katedra

---

**Jānis Eiduks**

## **Par lokomotīvu jaudas pārvadu un enerģētisko iekārtu jomas studiju kursu satura modernizācijas iespējām**

*On the modernization possibilities of of the subjects content related to the locomotive power transmissions and power generating units*

Atslēgvārdi: lokomotīves, vilces pārvadi, dīzeļdzinēji, vadības sistēmas.

Dzelzceļa transporta tehnoloģijas tradicionāli ir konservatīvas, taču to attīstībā ir vērojami zināmi pārmaiņu periodi. Par vienu no tādiem var uzskatīt pēdējā desmitgadē notiekošo.

20. gadsimta vidū lokomotīvu tehnoloģijās ir notikušas pārmaiņas, taču izglītības jautājumos, kas bija saistīti ar elektrisko vilci un dīzeļvilci, tās bija lielā mērā nedalītas, neņemot vērā acīmredzamo līdzību gan lokomotīvu mehāniskās vilces, gan elektrisko vilces sistēmu uzbūvē. Mehāniskās un elektriskās vilces iedalījums bija radies tāpēc, ka elektriskās vilces virziens radās līdztekus tvaika lokomotīvu tehnoloģijām, tā arī turpinot attīstīties, savukārt tvaika vilces jautājumus aizstāja ar dīzeļvilci saistīti mācību priekšmeti.

Lai arī priekšmetā «Lokomotīvu jaudas pārvadi» principā tiek aplūkotas dažādas fiziskas dabas sistēmas (tostarp – mehāniskās un hidrauliskās), kas nodrošina primārā dzinēja jaudas pārvadi velkošajiem riteņpāriem, īstenojot nepieciešamās vilces raksturlīknes, līdz pat 90 % satura aizņem elektriskie jaudas pārvadi. Izņemot specifiskos jautājumos, kas ir saistīti ar dīzeļģenerātoru regulēšanu un vilces ģenerātoru uzbūvi, jautājumi, kas ir saistīti ar vilces elektrodzinējiem un to vadību, ir faktiski identiski tiem, ko aplūko attiecībā uz elektriskajiem vilces līdzekļiem. Pastāvošās atšķirības nevajadzētu uzskatīt par traucējošu faktoru, bet drīzāk par lietderīgu momentu, kas ļauj labāk paskaidrot tās vai citas sistēmas īpatnības. Vienlaikus jāatzīmē, ka pēdējā laikā plašu izplatību gūstošās maiņstrāvas piedziņas sistēmas ar spēka elektronikas elementu izmantošanu šīs atšķirības samazina vēl vairāk.

No praktiskā viedokļa elektriskās vilces īpatsvars Latvijas dzelzceļu sistēmā bija neliels, taču plānotā dzelzceļa elektrifikācija, *Rail Baltica* līnijas būvniecība, jaunās tehnoloģijās balstīta ritošā sastāva ieviešana rada nepieciešamību pēc inženieriem, kas labi orientējas mūsdienu tehnoloģijās, ko izmanto gan elektriskā, gan arī dīzeļvilce.

Ņemot vērā to, ka pēdējo gadu laikā bija mazs to studentu īpatsvars, kas studēja ar elektrisko ritošo sastāvu saistītos jautājumus, būtu lietderīgu lokomotīvu jaudas pārvaldi kursu modificēt tādā veidā, lai tajā tiktu aplūkoti arī elektriskās vilces ritošā sastāva vadības sistēmas. Vienlaikus saturs, kas saistīts ar mehānisko un hidraulisko transmisiju izmantošanu, būtu saglabājams.

Atbilstoši esošajai programmai šis studiju kurss aplūko arī dīzeļlokomotīvu elektriskās shēmas kopumā, kaut arī tradicionāli tie ir bijuši divi dažādi studiju kursi. Lietderīgi būtu šos jautājumus nodalīt, vienlaikus aplūkojot visa ritošā sastāva (arī pasažieru vagonu) shēmas kopumā, kas ir atbilstoši arī notiekošajam specializāciju skaita samazinājumam dzelzceļa inženierijas specialitātē.

Savukārt studiju kurss «Lokomotīvu enerģētiskās iekārtas» tradicionāli fokusējās uz lokomotīvu dīzeļdzinēju uzbūvi, pārējās enerģētiskās iekārtas (piemēram, gāzes turbīnas) aplūkojot tikai virspusēji.

Mūsdienu apstākļos aizvien vairāk uzmanības tiek pievērsts alternatīvo enerģijas veidu izmantošanai autonomajai vilcei. Kursā būtu jāsamazina akcents uz dīzeļdzinēju uzbūvi, tomēr saglabājot to kā būtisku kursa daļu, vienlaikus aplūkojot gan alternatīvo degvielu (sašķidrināto naftas gāzi, dabasgāzi) izmantošanas īpatnības, gan arī alternatīvos enerģijas avotus (ūdeņraža degvielas elementus).

Vienlaikus studiju kurss jāpapildina ar informāciju par Eiropas Savienības politiku iekšdedzes dzinēju vides kaitīguma samazināšanai, iepazīstinot ar normām, kas attiecas uz dzelzceļa vilces līdzekļos izmantotajiem dzinējiem.

**Fjodors Mihailovs, Jānis Eiduks**

**Par studiju kursu «Ievads specialitātē», «Dzelzceļa tehniskās ekspluatācijas noteikumi», «Kravas un komercdarba organizācijas pamati» satura aktualizēšanu atbilstoši mūsdienu situācijai**

*About the upgrade of subject content related to Introduction to specialty, Railway technical operations regulations, Freight Transportation and Commercial Activity Organization*

Atslēgvārdi: transports, dzelzceļš, nozare, process, normatīvie akti, noteikumi.

Transporta nozare, t. sk. dzelzceļa transports un tā apakšsistēmas, ir cieši saistītas ar reglamentētiem procesiem, ko nosaka ES un Latvijas Republikas normatīvie akti. Pēdējos 10 gados notikušās pārmaiņas transporta nozarē norāda, ka nepieciešams attīstīt ne tikai normatīvo aktu bāzi, bet arī tehnoloģijas un apkalpojošā personāla profesionalitāti. Notiekošo procesu digitalizācija un decentralizācija, kā arī brīvā tirgus konkurences veicināšana, ievērojami ietekmē arī transporta nozares dalībnieku funkcionēšanas pamatprincipus.

Studiju kurss «Ievads specialitātē» veidots ar mērķi, lai studenti – topošie transporta nozares inženieri – izprastu un identificētu darbības pamatprincipus, mijiedarbību starp dalībniekiem un reglamentējošo dokumentu svarīgumu. Studentam ir iespēja identificēt un izvēlēties savu virzienu, un šī izvēle ietekmēs arī turpmāku mācību procesu, proti, mācību programmas apguvi. Ir saskatāma nepieciešamība aktualizēt priekšmeta saturu atbilstoši mūsdienu situācijai.

Studiju kurss «Dzelzceļa tehniskās ekspluatācijas noteikumi» veidots ar mērķi, lai topošie transporta nozares inženieri padziļināti iepazītos ar pamatdokumentu, kas reglamentē dzelzceļa transporta pamatfunkciju izpildi. Šī kursa labākai uztveršanai ļoti svarīgi ir apgūt primārās iemaņas par transporta nozari. Būtu lietderīgi iekļaut normatīvo aktu «Dzelzceļa tehniskās ekspluatācijas noteikumi» un «Noteikumi par dzelzceļa speciālisti» docēšanu, lietojot skaidrojumus un piemērus.

Studiju kurss «Kravas un komercdarba organizācijas pamati» veidots ar mērķi, lai topošie transporta nozares inženieri padziļināti iepazītos ar dzelzceļa transporta pamatdarbību, veicot kravu pārvadājumus, t. sk. kravu noformēšanu, pieņemšanu, pārvadāšanu, uzglabāšanu un nodošanu. Kurss ir loģisks turpinājums studiju kursam «Kravas un komercdarba organizācijas pamati» un tiek docēts secīgi kursam «Kravas un komercdarba vadība». Mācību materiālu, kas veidots, balstoties uz teorētiskiem pamatiem, sinhronizēt ar mūsdienu tehnoloģijām un normatīvajiem dokumentiem.

Studiju kursa «Ievads specialitātē», «Dzelzceļa tehniskās ekspluatācijas noteikumi», «Kravas un komercdarba organizācijas pamati» aktualizēšana turpmāk nodrošinās iespēju studentiem apgūt mūsdienu tehnoloģijās balstītas zināšanas un izmantot normatīvus aktus dzelzceļa transporta procesu organizēšanai.

**Eva Skrebutene**

## **Izaicinājumi kravu pārvadāšanas un pārkraušanas tehnoloģiju studiju kursu pilnveidošanā**

### *Challenges for improvement of freight transportation and cargo reloading technology study courses*

Atslēgvārdi: kravu pārvadāšana, kravu klasifikācija, kravu raksturojums, tara un iepakojums, iekraušanas-izkraušanas tehnoloģija, ritošā sastāva izvēle, kravu zuduma normas.

Kravu pārvadājumiem ir nozīmīga loma tautsaimniecības attīstībā, un transports ir stratēģiska ES ekonomikas nozare, kas tieši ietekmē visas ES (t. sk. Latvijas) iedzīvotāju ikdienu un nodrošina kravu plūsmu no preču ražotājiem un izgatavotājiem pie patērētājiem. Laba transporta sistēma ir Eiropas integrācijas stūrakmens, jo pārdomāti, ilgtspējīgi un pilnībā savstarpēji savienoti transporta tīkli ir nepieciešams nosacījums Eiropas vienotā tirgus izveides pabeigšanai un pareizai darbībai.

Svarīgi saprast kravas definīciju un vietu ekonomiskajā ciklā, kādus posmus un stāvokļus iziet produkts no izejvielas stāvokļa līdz produktam, kas gatavs patērēšanai vai izmantošanai citā ražošanas procesā, kur krava ir tikai viens no stāvokļiem.



Pēc definīcijas krava ir lietas (vielas, preces vai priekšmeti), kas nodotas pārvadāšanai pa dzelzceļu vagonos vai konteineros.

Lai nodrošinātu kvalitatīvu kravu pārvadāšanas un uzglabāšanas procesu, ir svarīgi pārzināt kravas raksturojumus, īpašības un tās izcelsmi, ieguves un apstrādes paņēmienus, stāvokli un citu informāciju, kas palīdzētu izvēlēties optimālu ritošo sastāvu kravu pārvadāšanai, noliktavu kravu glabāšanai un atbilstošu iekraušanas-izkraušanas vai pārkraušanas tehnoloģiju. Kravu klasifikācijai tiek izmantota Harmonizētā kravu nomenklatūra, kas nosaka, kādā veidā ir atļauta kravu pārvadāšana: sakrātā vai ielietā veidā, vaļējā vai segtā vagonā, konteineros, hopervagonos, refrižeratoros vai citā ritošajā sastāvā. Pasaulē arvien aktuālāki kļūst kontreileru pārvadājumi, kad ar dzelzceļa ritošo sastāvu pārvadā autotransportu kopā ar kravu kā vienu veselu vienību, vilciena sastāvā paredzot arī atsevišķu pasažieru vagonu autotransporta vadītājiem.

Kravu raksturīpašības ļauj atklāt un organizēt specifiskus kravas saglabāšanas pasākumus, lai minimizētu kravu zudumus pārvadāšanas, pārkraušanas un uzglabāšanas laikā, izmantojot atbilstošu taru un iepakojumu. Kravu pārkraušanas tehnoloģijas iekļauj vairākus aprēķinus noliktavas tipa izvēlei, pārstrādājamās kravas daudzuma noteikšanai, mehānizācijas līdzekļu izvēlei, mašīnu ražīguma un skaita noteikšanai, kā arī kraušanas darbu ilguma un pašizmaksas aprēķinus.

Katrai darbībai ar kravu ir savi ekspluatācijas izdevumi, kas saistīti ar ekspluatācijas un ekonomiskajiem rādītājiem un atspoguļo pastāvīgas vai mainīgas vērtības.



**Marina Koņuhova**

## **Izaicinājumi dzelzceļa transporta loģistikas studiju kursu pilnveidošanā**

### *Challenges for the improvement of railway transport logistics study courses*

Atslēgvārdi: transporta loģistika, tendences, piegādes ķēde, dzelzceļa pārvadājumi, IT tehnoloģijas.

Transporta loģistika savieno preces rašanās avotus (ražošanu, ieguvi, pārstrādi) garā tās pārvadāšanas, apstrādes un uzglabāšanas ķēdē, kas noslēdzas ar tiešu piegādi gala patērētājam.

Studiju kursā papildus priekšmeta pamatzināšanām studentiem tiek sniegta informācija par transporta loģistikas stāvokli mūsdienās, un transporta loģistikas priekšmets tiek aplūkots, ņemot vērā mūsdienu aktualitātes un pasaules tendences. Loģistika ir viena no tām nozarēm, kas ļoti pakļauta izmaiņām, to būtiski ietekmē globalizācijas procesi, loģistikas sistēmas kļūst arvien sarežģītākas, tāpēc ir svarīgi aplūkot, kā transporta loģistikas nozari ietekmē ārējie faktori.

Mūsdienās var nosaukt vairākas loģistikas pamattendences un svarīgākos faktorus, kas ietekmē transporta un loģistikas nozares attīstību. Viena no tendencēm ir ražošanas pārnese tuvāk gala lietotājam. Ļoti pamanāma tendence pārcelt ražošanas jaudas uz valstīm, kas atrodas tuvāk pasūtītāja valstij (piemēram, Ķīna pārceļ ražošanu uz Austrumeiropas valstīm).

Vēl viena tendence ir nepārtrauktas investīcijas loģistikas IT tehnoloģijās. Loģistikas procesi nepārtraukti kļūst sarežģītāki, un tikai uzticamas IT tehnoloģijas var nodrošināt pilnīgu piegāžu ķēžu kontroli. Transporta loģistikas pārvaldības mākoņu risinājumi ļauj reāllaikā saņemt un apmainīties ar informāciju visos piegādes ķēdes posmos, kas padara pārvadātājus konkurētspējīgākus tirgū, kā arī ļauj kravu īpašniekiem kontrolēt piegādes. Loģistikas automatizācija kopā ar mākoņu tehnoloģijām ļauj samazināt darbaspēka piesaistes izmaksas, optimizēt procesus, meklēt preces un transportu iekraušanai, organizēt elektroniskos pakalpojumu iepirkumu konkursus un tiešsaistē monitorēt preces un daudz ko citu. Paredzams, ka transporta un loģistikas industriju ietekmēs tādi risinājumi kā: intelektuālās transporta sistēmas; biznesa procesu robotizācija; profilaktiskā tehniskā apkope; uzraudzība un kontrole, izmantojot bezpilota lidaparātus; blokķēdes risinājumi; mākslīgajā intelektā balstīti risinājumi.

## «Zaļās tehnoloģijas» un atbilstība standartiem

Mūsdienu sabiedrībā novērojama pastāvīga interese par vides aizsardzību. Arī transporta nozarē arvien lielāka uzmanība tiek pievērsta ekoloģijas normām, kā arī korporatīvās sociālās atbildības standartiem. Loģistikas ķēdes dalībnieki cenšas sadarboties ar piegādātājiem, kuri piedāvā ne tikai uzticamus, bet arī videi draudzīgus risinājumus.

Piegāžu ķēdi ietekmē arī e-komercijas pieaugums. Arvien vairāk patērētāju iepērkas elektroniskajā vidē. E-komercija strauji aug, tāpēc pieaug arī paku piegādes galapatērētājam pakalpojumu nozīme. Tas ir pilnīgi jauns loģistikas ķēdes tips, tāpēc transporta uzņēmumiem būs jāoptimizē sava loģistika atbilstoši mūsdienu tirgus vajadzībām.

Arī starptautiskajā tirdzniecībā jau ir novērojamas izmaiņas – pieaug dzelzceļa pārvadājumu apjoms starp Ķīnu un ES. Tas, kā arī jauni investīciju projekti tirdzniecības ceļos un sauszemes transporta attīstība var radīt izmaiņas starptautiskajā loģistikā. Pieaugot jaunattīstības valstu ekonomikai un to integrācijai pasaules ekonomikā, tiks atvērti jauni tirdzniecības maršruti un paplašināti pašreizējie. Transporta uzņēmumiem būs stimuls attīstīties, pateicoties dzelzceļu, auto maģistrāļu, telekomunikāciju un uz transporta ceļiem izvietoto mezglu modernizācijai. Gaidāms, ka «jaunā zīda ceļa» koridori starp Ķīnu un ES tuvāko gadu laikā strauji paplašināsies.

Visas iepriekš minētās tendences un galvenie faktori, kas ietekmē transporta loģistiku, būtu detalizēti jāaplūko dzelzceļa transporta loģistikas kursos. Izpratne par to, kā transporta loģistika mijiedarbojas ar ārējo pasauli, ļaus studentiem saņemt visu nepieciešamo informāciju par transporta loģistikas jomas aktuālajām tendencēm un tādējādi ļaus raudzīties uz studiju kursu plašāk, izprotot visu tā būtību un problēmas.

**Katrīne Otersone**

## **Izaicinājumi dzelzceļu sakaru un telekomunikācijas sistēmu studiju kursu pilnveidošanā**

### *Challenges for improvement of Railway Communication and Telecommunication Systems study courses*

Atslēgvārdi: dzelzceļa sistēmas, transporta sakaru sistēmas.

Dzelzceļa sistēmās pēdējos gados notiek modernizācija – tajās pakāpeniski sāk izmantot Eiropas standartus, kas balstīti uz mobilo sakaru sistēmām. Tas nodrošina informācijas apmaiņas drošību un ātrumu, uzlabo kustīgo objektu veikspēju, nodrošina automatizētu tehnoloģisko procesu kontroli un rada drošu transportlīdzekļu vadīšanas sistēmu. Arī dzelzceļa telekomunikācijās un transporta sakaru sistēmās notiek pārmaiņas, un tās atspoguļojas arī studiju kursu docēšanas veidos.

Dzelzceļa sakaru un telekomunikācijas sistēmu studiju kursu mērķi ir izskaidrot sakaru sistēmu ar kustīgiem objektiem veidošanas pamatus, dot spēju apgūt teorētiskās un praktiskās iemaņas dzelzceļa sakaru sistēmas analizēšanā, starp kuriem ir antenu, raidītāju un uztvērēju parametru aprēķināšana.

Lai ieinteresētu studentus apgūt šos studiju kursus, ir nepieciešams izmantot jaunas modernas tehnoloģijas, kas šobrīd ir pieejamas katram. Tādas tehnoloģijas ir bezmaksas viedtālrunu un datoru lietotnes – programmas, ar ko var īstenot mobilo sakaru tīkla un bezvadu tīkla pamatparametru mērījumus. Īstenojot mērījumus, var noteikt sarakstu ar atļautām frekvencēm, mobilo staciju un bāzes staciju statusu, attālumu līdz tuvākajai bāzes stacijai, radio-signāla parametrus, sarunas kvalitātes līmeni sakara kanālā, datu pārraides ātrumu u. tml. Iegūtie dati ļauj uzturēt bāzes staciju darbības stāvokli atbilstoši *GSM-R* standartam, kā arī kontrolēt noteiktās zonas radiopārklājumu.

Pilnveidoto studiju kursa praktisko darbu uzdevumi varētu būt šādi: izmērīt mobilo sakaru tīkla signāla kvalitāti un radiopārklājumu vienmērīgumu esošajiem 2G, 3G, 4G un *Wi-Fi* tehnoloģijām noteiktā dzelzceļa posmā, izmantojot programmatūras kompleksus, kas instalēti ierīcē (planšetdatorā vai viedtālrunī), un pārbaudīt atbilstību *GSM-R* standartam. Lai pārbaudītu praktiskā uzdevuma izpildes iespējamību un novērtētu sarežģītību, tika veikts eksperiments: ar *Net Track Lite* lietotnes palīdzību veikts radiopārklājuma monitorings posmā Rīga–Jelgava. Konstatēts, ka mobilo

sakaru tīklu (2G/3G/4G) radiopārklājums šajā trasē nav vienmērīgs un signāla kvalitāte neatbilst Eiropas *GSM-R* standartam vietās, kur nav sakaru infrastruktūras, kur bāzes staciju skaits ir mazs un ir vērojama lielāka vides ietekme. Sešu vagonu vilcienā tika konstatēti trīs *Wi-Fi* modemi, kas nenodrošina nepārtrauktu pieslēgšanos tīklam, un vilcienā rodas signāla pārtraukumi vietās ar lielāku pasažieru blīvumu un liekākā attālumā no modema.

Šāda veida darbu un analīzi var izpildīt jebkurš students. Tādas aktivitātes veido motivāciju studēšanai, formē studentu izpratni par radioviļņu izplatīšanās principiem un radiosakaru zudumiem un veicina padziļinātu interesi par sakaru tīkla darbības izpēti, iegūstot kompetenci patstāvīgi veikt mobilo sakaru sistēmas eksperimentālus pētījumus un projektēšanu.

### **Izmantotā literatūra**

1. K. Otersone. Modernas mobilo sakaru sistēmas ātrgaitas dzelzceļos. Maģistra darbs. Rīga: RTU TI 2021, 87. lpp.
2. V. Popovs, V. Skudnov, A. Shevchenko, A. Vasiljevs. Application of software complexes for monitoring of cellular networks of mobile communication KPI on railway transport. Proceedings of 24th International Scientific Conference, Transport Means 2020.

**Edmunds Kamoliņš, Marina Koņuhova, Kārlis Gulbis,**

## **Racionāla eksperimentu plānošana, metamodeļu sintēze un pētāmās sistēmas optimizācija**

*Rational planning of experiments, synthesis of metamodels and optimization of the system under study*

Atslēgvārdi: eksperimentu plānošana, metamodeļu sintēze, optimizācija.

Eksperimentu plānošana ir procedūra, kuras mērķis ir ar minimāliem resursiem iegūt tādu eksperimentu kopumu, kas ar iespējami augstu precizitāti ļauj analizēt iegūtos rezultātus. Lai vienkāršotu eksperimentu īstenošanas procesu, sākotnēji jācenšas samazināt faktoru telpu, atmetot mazāk ietekmējošos faktorus. Atlikušajiem faktoriem jābūt vadāmiem, neatkarīgiem un savietojamiem. Tas nozīmē, ka faktori nevar būt funkcijas no citiem faktoriem, jābūt iespējai piešķirt faktoriem izvēlētos līmeņus neatkarīgi no citu faktoru līmeņiem. Eksperimentus var īstenot divos veidos. Pirmais veids: viena faktora eksperimenti, kad tiek mainīts tikai viens no faktoriem, savukārt visi pārējie, kas ietekmē procesu, tiek saglabāti nemainīgi. Šādā veidā nav iespējams novērtēt faktoru savstarpējo ietekmi. Otrais veids: daudzfaktoru eksperimenti, kad tiek vienlaikus mainīti visi faktori, kas ietekmē pētāmo procesu. Šādā veidā iespējams novērtēt faktoru savstarpējo ietekmi un samazināt eksperimentu kopējo skaitu. Rezultātā tas dod iespēju iegūt pētāmā objekta atbildes funkcionālo atkarību no visiem ievērotiem (definētajiem) faktoriem [1, 2].

Racionālā eksperimentu plānošanā jāizvēlas pēc iespējas mazāks eksperimentu skaits, kas ir efektīvs tādā ziņā, ka no eksperimentiem iegūtā informācija pēc iespējas pilnīgāk apraksta aplūkotos procesus un ļauj izveidot precīzus metamodeļus.

Visvienkāršākajā gadījumā pētāmo objektu var uzskatīt par tā saukto «melno kasti», kur ieejas parametri tiek saukti par objekta ietekmējošiem faktoriem  $x_1, x_2, \dots, x_z$ , izejas parametri – par atbildi  $y$ . Šādas procedūras mērķis ir pētāmā objekta atbildes funkcijas iegūšana, kur  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_z)$ . Šo atbildes funkciju vienādojuma veidā sauc par regresijas modeli. Metamodeļu sintēzes pamatā ir eksperimentālo datu aproksimācija. Aproksimācijas mērķis ir iegūt instrumentu (relatīvi vienkāršu matemātisku modeli) sarežģītas vai ar lieliem izdevumiem saistītas sistēmas analīzei. Galvenā aproksimācijas būtība ir

prognozēt, kāda ir reālā vai matemātiskā modeļa reakcija uz mainīgiem faktoriem tādām faktoru kombinācijām, kam nav veikti eksperimenti. Populārākās metodes datoreksperimentu aproksimācijai ir polinomiālā regresija, mākslīgo neironu tīkli un Gausa procesa regresija (jeb krigings) [3].

Galvenā visu aproksimācijas metožu problēma ir tāda metamodeļa sintēze, kas varētu vienlaikus atbilst gan augstai precizitātei, gan efektivitātei. Latvijas zinātnieks V. Eglājs piedāvāja savu metamodeļu sintēzes metodiku, kas balstās tabulveida datu polinomiālā aproksimācijā [4]. V. Eglāja izstrādātās metodikas galvenā īpašība ir tā, ka šāda metodika ļauj sintezēt metamodeļus, kas atbilst divām kvalitātes prasībām – precizitātei un efektivitātei, un, galvenais, neprasa iepriekš uzdot sintezējamo sakarību struktūru.

Līdz ar to V. Eglāja izstrādātā metodika, tās vienkāršības, pietiekamas precizitātes un efektivitātes dēļ ir viegli piemērojama dažādu ar transporta uzdevumiem saistītu optimālo risinājumu meklējumos. Kā piemērus var nosaukt dzelzceļa tīkla kravas vai pasažieru plūsmu vadības optimizācija, ņemot vērā dažādus kritērijus.

### **Izmantotā literatūra**

1. Lavrinoviča, L., Dirba, J. Bezkontakta sinhronie dzinēji ar ārējo rotoru. Rīga: RTU Izdevniecība, 2015. 130 lpp.
2. Протодьяконов, М. М., Тедер, Р. И. Методика рационального планирования экспериментов. Москва: Наука, 1970. 73 с.
3. Januševskis, A., Auziņš, J. Eksperimentu plānošana un analīze. Rīga: RTU Izdevniecība, 2007. 256 lpp.
4. Эглайс, В. О. Синтез регрессионной модели объекта на основе табличных данных. Изв. АН. Латв. ССР. Сер. физ. и тех. наук. Nr. 4., 1980, стр. 109–112.