

LENTAS KONVEIJERA SVARU RĀDĪJUMU IETEKMES FAKTORU IZPĒTE BELT CONVEYOR WEIGHT SCALE MEASUREMENT INFLUENCE FACTORS RESEARCH

Autors: **Matīss Gailāns** e-pasts: matiss.gailans@gmail.com, +371 29387719
Zinātniskā darba vadītājs: **Artis Teilāns, Dr.sc.ing., prof.**, e-pasts: artis.teilans@rta.lv
Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne

Abstract: *This paper is about belt conveyor weight scale measurement influence factors research. This research is very useful for loading fertilizer material, especially loading material to ships. If weight scale is calibrated wrong, it is possible to overload ship. At the beginning are overlooked main factors that effects weight scale measurements. Factors effect that are studied in terms of one year is air temperatures and relative air humidity's influence on weight scale precision. Precision is controlled by comparing weight scale measurements and draft survey or dockets.*

At the end is two different possibilities for changing weight scale measurements knowing what kind of weather (temperature and humidity) will be for next ship, before loading calibrating weight scale.

Keywords: *Equation, Factors, Humidity, Temperature, Weight scale.*

Ievads

Pārkraujot dažādus materiālus, cilvēkiem nepieciešams izmantot svarus, lai kontrolētu kraušanas ātrumu un iekrauto daudzumu automašīnās, lidmašīnās, vilcienos, kuģos, u.c.

Šajā referātā tiks apskatītas īpatnības un problēmas, kā arī iespējamie risinājumi svaru rādījumu precizitātes nodrošināšanai, lentas konveijeru svāriem minerālmēslu materiāla pārkraušanai – izkraušanai no kuģa un iekraušanai kuģos.

Problēma – mainoties laika apstākļiem, ārējā gaisa temperatūrai, kraušanas vienmērīgumam un materiāla veidam mazā laika sprīdī, strauji mainās lentas konveijera svaru rādījumi. Mainoties rādījumiem, pastāv risks, ka kuģis kraušanas laikā tiks pārkrauts, kas var radīt lielus finansiālus zaudējumus.

Uzdevumi:

1. Aprakstīt visus faktoros, kuri ietekmē svaru rādījumus (gan īstermiņā, gan ilgtermiņā);
2. Aprakstīt katra faktora ietekmi uz svaru rādījumiem;
3. Ieteikt iespējamo risinājumu problēmas novēršanai un kompleksas problēmas risinājuma iespējas;

Lentas konveijera svaru rādījumu ietekmējošie faktori

Lentas konveijera svaru rādījuma ietekmējošie faktori tiks salīdzināti trīs svāriem, kuri atrodas dažādās galerijās un tiem ir dažādi darba apstākļi. Divi svāri (BC10 un BC13) ir ar maksimālo kraušanas kapacitāti 2000t/h un vieni svāri (BC02) – ar 1200 t/h.[3]

Laika apstākļi

Pie laika apstākļiem ir pieskaitāma gaisa temperatūra un relatīvais gaisa mitrums, kā arī straujas temperatūras izmaiņas.

Kaut arī konveijeri, un līdz ar to svāri, atrodas galerijās, tās nav apsildāmas un gaisa temperatūra ir pietuvināta ārējās vides temperatūrai. Laika apstākļu ietekmi uz lentas konveijera svaru darbību iespējams salīdzināt trīs svaru vienībām, kuras atrodas dažādās galerijās un līdz ar to pakļautas dažādiem gaisa temperatūras un gaisa mitruma faktoriem.

Gaisa temperatūras ietekme uz svaru rādījumiem novērota viena kalendārā gada ietvaros – no 01.03.2015. līdz 30.03.2016. BC02 svaru pētījumā izmantotas 400 mērījumu vienības –

vilciena sastāvi ar dažādiem materiāliem. Svaru rādījumi tika salīdzināti ar pavadzīmēm, kurās ir informācija par katra vagona materiāla svaru. BC10 un BC13 svaram izmantotas 100 vienības – kuģi ar dažādiem materiāliem. BC10 un BC13 svaru rādījumi ir salīdzināti ar kuģa iegrimes (draft survey) rādījumiem.

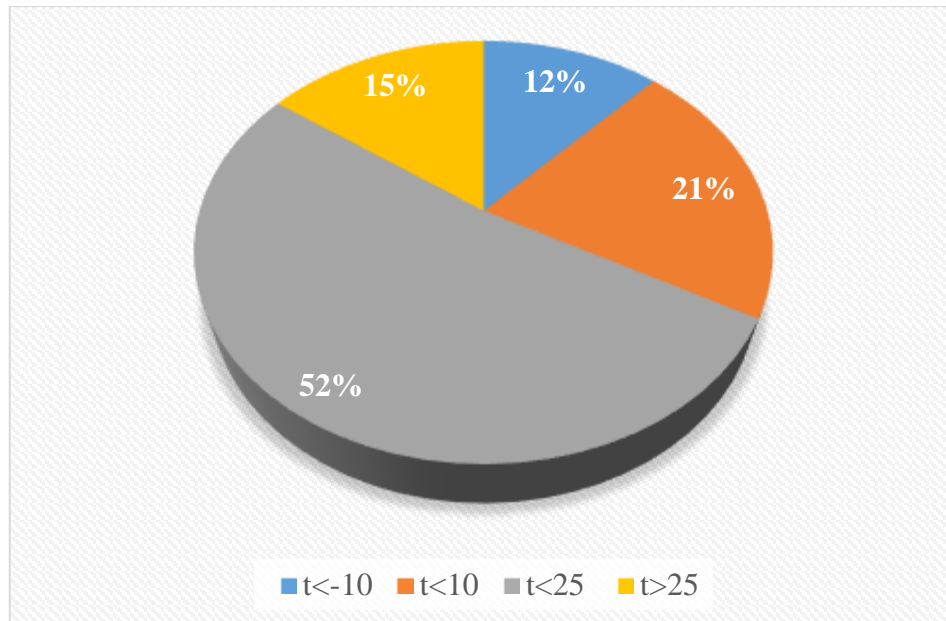
Sakarības starp svaru rādījumu precizitātes izmaiņām, atkarībā no temperatūras un relatīvā gaisa mitruma izmaiņām, atspoguļotas 1. un 2. tabulā.[5]

1. Tabula

Gaisa temperatūras ietekme uz svaru rādījumiem % no pārkrauto vienību skaita

	Gaisa temperatūra °C			
	t<-10	t<10	t<25	t>25
BC02 svaru kļūda <1.5%	97,34%	87,23%	96,78%	84,14%
BC02 svaru kļūda 1,5-3%	2,66%	12,77%	3,22%	15,86%
BC02 svaru kļūda >3%	0%	0%	0%	0%
BC10 svaru kļūda <1.5%	85,36%	43,87%	76,34%	38,88%
BC10 svaru kļūda 1,5-3%	14,64%	36,33%	23,66%	40,56%
BC10 svaru kļūda >3%	0%	19,80%	0%	20,56%
BC13 svaru kļūda <1.5%	92,39%	47,87%	84,27%	43,12%
BC13 svaru kļūda 1,5-3%	7.61%	42,11%	15,73%	38,24%
BC13 svaru kļūda >3%	0%	10.01%	0%	18,64%

Aplūkojot tabulas datus, iespējams izdarīt secinājumus, ka svaru rādījumi ir visstabilākie, ar viszemāko kļūdu ziemā pie zemām temperatūrām. Tas saistīts ar to, ka gaisa mitrums ir mazāks un konveijera lentas ir sausākas, taču vienību skaits, kas šādās temperatūrās pārkrauts, ir mazāks. Pārkrauto vienību skaitu iespējams aplūkot 1. attēlā. Otrs periods, kad svaru rādījumi ir precīzāki, ir, kad gaisa temperatūra ir stabili virs +10 °C, taču zemāka par +25 °C. Svaru rādījumu kļūda ir lielāka pie gaisa temperatūrām, kuras ir tuvas 0 °C, tas ir saistīts ar paaugstināto mitruma līmeni galerijās un straujākām temperatūras maiņām dienas un nakts laikā. Kļūda palielinās arī pie temperatūras, kura lielāka par +25 °C, kas ir saistīts ar pārkraujamā materiāla īpatnībām, kurš pie šādām temperatūrām un paaugstinātā mitrumā kūst, veidojot slideni lipīgu slānīti uz konveijera lentas. BC10 un BC13 svāri ir vairāk pakļauti ārējās vides temperatūras izmaiņām to novietojuma dēļ. Tie ir virszemes konveijeri, kuriem nav ne apsildes, ne piespiedu ventilācijas. BC02 konveijera svarus mazāk ietekmē temperatūras izmaiņas, jo šis konveijers ir pazemes konveijers. Šie svāri nav pakļauti straujām temperatūras izmaiņām.



1.attēls Pārkrauto vienību skaita attēlojums % pēc temperatūras no 01.03.2015 līdz 30.03.2016

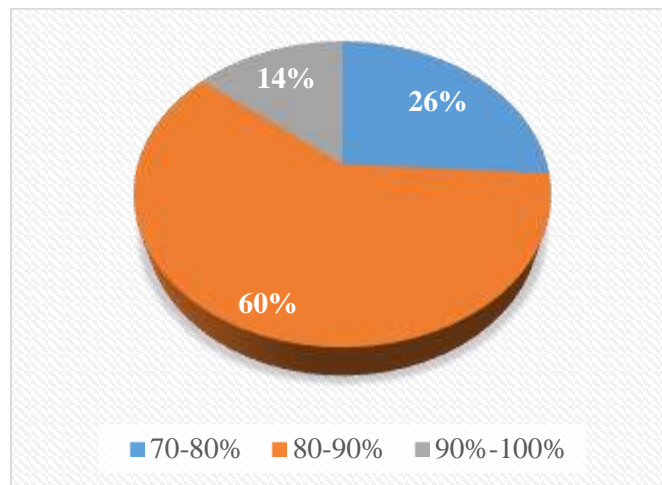
Šajā attēlā apskatāms pārkrauto vienību sadalījums atkarībā no āra temperatūras. Šis vienību skaits tika izmantots aprēķinot svaru rādījumu ietekmi atkarībā no gaisa temperatūras, kura tika parādīta 1. tabulā. Pēc tabulas var secināt, ka visvairāk vienību tiek pārkrauts, kad gaisa temperatūra ir no +10 °C līdz +25 °C, kad arī svaru rādījumu kļūda ir mazāka. Vismazāk vienību tiek pārkrauts, kad gaisa temperatūra ir zemāka par -10 °C.

2. Tabula

Relatīvā gaisa mitruma ietekme uz svaru rādījumiem % no pārkrauto vienību skaita

	Relatīvais vidējais gaisa mitrums		
	70-80%	80-90%	90%-100%
BC02 svaru kļūda <1.5%	96,56%	95,33%	85,89%
BC02 svaru kļūda 1,5-3%	3,44%	4,67%	14,11%
BC02 svaru kļūda >3%	0%	0%	0%
BC10 svaru kļūda <1.5%	88,12%	65,43%	41,34%
BC10 svaru kļūda 1,5-3%	11,88%	28,36%	35,23%
BC10 svaru kļūda >3%	0%	6,21%	23,43%
BC13 svaru kļūda <1.5%	92,23%	58,59%	46,78%
BC13 svaru kļūda 1,5-3%	7,77%	27,03%	36,78%
BC13 svaru kļūda >3%	0%	14,38%	16,44%

Šajā tabulā apkopota relatīvā gaisa mitruma ietekme uz svaru rādījumiem. Vienību skaita sadalījumu procentos iespējams aplūkot 2. attēlā. Pēc tabulas iespējams secināt, ka svaru rādījumu kļūda ir mazāka, kad relatīvais gaisa mitrums ir mazāks – gaiss ir sausāks, precīzāk robežās no 70-80%. Šādos laika apstākļos nevienu svaru kļūda nav lielāka par 3%. Pārējos laika periodos svaru rādījumu kļūda ir lielāka attiecīgi, kad gaisa mitrums ir 80-90%, BC10 un BC13 svariem rādījumi, kuru kļūda ir mazāka par 1,5%, ir 65,43% mērījumu un 58,59% mērījumu. Viszemākā svaru rādījumu precizitāte ir pie relatīvā vidējā gaisa mitruma 90-100%. Šajā intervālā BC10 un BC13 svaru rādījumu kļūda ir mazāka par 1,5% mazāk nekā pusē mērījumu, precīzāk 41,34% BC10 svariem un 46,78% BC13 svariem. Relatīvā gaisa mitruma izmaiņām, salīdzinot, nav tik liela ietekme uz BC02 svaru rādījumu precizitāti. Tā mainās 11% robežās. Tas ir BC02 svaru novietojuma īpatnību dēļ. BC02, atšķirībā no BC10 un BC13 svariem, atrodas pazemes galerijā ar labu ventilāciju, un tos mazāk ietekmē relatīvā gaisa mitruma izmaiņas.



2.attēls Izkrauto vienību skaita sadalījums % attiecībā pret relatīvo vidējo gaisa mitrumu no 01.03.2015 līdz 30.03.2016

Izkrauto vienību skaita sadalījums, kurš attēlots 2. attēlā, parāda, ka visvairāk vienību (60%), tiek pārkrauts apstākļos, kad gaisa relatīvais vidējais mitrums ir 80-90%. Tas ir saistīts ar Latvijas klimatiskajiem apstākļiem un ar to, ka uzņēmums atrodas jūras tuvumā un bieži netiek nodrošināta laba ventilācija virszemes konveijeriem. Vismazākais pārkrauto vienību skaits – 14% – ir pie ļoti augsta relatīvā vidējā gaisa mitruma (90-100%), un pie šiem rādītājiem svaru rādījumi ir ar vislielāko kļūdu, kas ir daļēji arī saistīts ar cietiem svaru rādījumus ietekmējošajiem faktoriem, piemēram, nevienmērīga kraušana, kāda ir neizbēgama nokrišņu gadījumā. Pie viszemākā gaisa mitruma tiek pārkrauta nedaudz vairāk 1/4 daļa visu vienību jeb 26%.

Relatīvā gaisa mitruma palielināšanās rada svaru precizitātes izmaiņu ar negatīvu zīmi, svāri rāda mazāk, nekā ir reālais pārkrautais uz kuģi.

Kraušanas vienmērība

BC02 svaru kraušanas vienmērība un noslodze ir visaugstākā, jo, izkraujot no vagoniem, materiāls ir svaigs un, lielākoties, birst vienmērīgi, kā arī operators, kurš kontrolē konveijeru darbību, seko, lai kraušanas ātrums būtu vienmērīgs 580-610t/h. Svaru noslodze darbības laikā ir 50%. Svaru ražotājs ir noteicis svaru minimālo noslodzi 20%, kas ir 240t/h, pie kuras svaru rādījumiem ir jābūt precizitātes robežās – kļūda mazāka par 1.5%. [3]

BC10 un BC13 svariem kraušanas vienmērību ir grūtāk kontrolēt. Tā kā kraušana, lielākoties, notiek izkraujot kravu no kupoliem, kur šī krava ir stāvējusi kādu laiku, materiāla īpatnību dēļ, materiāls nebirst pašplūsmā vai birst nepietiekami. Šādos gadījumos tiek izmantoti iekrāvēji, un šajā gadījumā kraušana norisinās viļņveidīgi un nevienmērīgi. Arī šiem diviem

svariem minimālā noslodze precizitātei ir 20%, kas ir 400t/h. Kraujot ar iekrāvējiem, kraušanas ātrums mainās no 200t/h līdz 1000t/h. Kraušanas vienmērības paaugstināšanai tika izveidotas bremzes pārbērtuvēs, kurās tiek bērtā krava ar iekrāvējiem. Tas deva rezultātu, izlīdzinot kraušanas ātrumu no 500 līdz 1000t/h. [3]

Kraušanas vienmērības trūkums rada svaru kļūdu ar pozitīvu zīmi – svāri rāda vairāk, nekā patiesībā ir uzkrauts.

Citi faktori

Pie citiem faktoriem, kurus jāuzskaita kā svaru rādījumus ietekmējošus faktoros, kuri ir vienojoši visiem trīs konveijeru svāriem, jāmin: rullīšu nodilums, vibrācija, lentas tīrība, svaru novietojuma leņķis.

Rullīšu nodilums var radīt vibrāciju, kā arī, ja tie nav ar vienādu nodilumu, izmaiņas svaru rādījumos.[4] Rullīšu nodiluma ietekme uz svaru rādījumiem ir 0,05-0,3%, kas ir novēroti svaru darbības ekspluatācijā. Par rullīšu precizitāti aprakstīts svaru pasē.

Vibrācijas ir pieļaujamas pie normālas konveijera darbības. Taču vibrācija, kuru rada vairāki nodiluši svaru rullīši, spēj mainīt svaru rādījumus līdz 0,3%, tāpēc tiek veiktas regulāras apkopes svaru konveijeriem 1 reizi mēnesī. Svaru rullīšu maiņu veic uzreiz visiem svaru rullīšiem ne retāk kā 3 reizes gadā [2].

Lentas tīrība visvairāk ir atkarīga no laika apstākļiem. Paaugstināta gaisa mitruma un temperatūras periodos lentas tīrību nodrošināt ir gandrīz neiespējami, kaut arī uz konveijera darbojas vairāki lentas tīrītāji. Lenta paliek mitra un slidena, gaisa mitrumam reaģējot ar materiālu. Tas ietekmē svaru rādījumus negatīvā virzienā – svāri rāda mazāk, nekā ir patiesībā pārkrauts.

Svaru novietojuma leņķis ir nemainīgs un visiem svāriem gandrīz vienāds apmēram 7°. Taču ieteikumos svaru uzstādīšanai minēts, ka svarus labāk novietot taisnā horizontālā stāvoklī. [1];[4]

Ieteikumi lentas konveijera svaru darbības kļūdas samazināšanai

Kalibrācija pirms kraušanas ar rādījumu korekciju

Zinot laika apstākļus, kādi paredzami, pirms kraušanas iespējams nokalibrēt svarus, izmainot svaru stieņa koeficientu atbilstoši gaidāmajam laikam. Šī metode tiek izmantota šobrīd, kalibrējot svarus pirms katra kuģa kraušanas. Kalibrācija diviem svāriem aizņem 2h.[1] Ja gaidāmas paaugstinātas gaisa temperatūras vai paaugstināts gaisa mitrums BC10 un BC13 svāriem tiek izmainīts koeficients par 0,1-0,3 %, ar pozitīvu zīmi, lai gadījumā, kad lenta būs slapja un svāri skaitīs mazāk, kompensētu šo starpību.

Koeficienta 0,1% izmaiņa uzstādīta, kad gaisa mitrums 80-90%, taču gaisa temperatūra ir no +10 °C līdz +25 °C, 0,2% – kad gaisa mitrums 90-100%, bet gaisa temperatūra ir no -10 °C līdz +10 °C, 0,3% - kad gaisa mitrums 90-100%, un gaisa temperatūra ir virs +25 °C.

Lielākoties šādas izmaiņas ļauj svaru kļūdas rādījumiem palikt mazākiem par 1,5%.

Svaru rādījumu korekcija programmā

Svaru rādījumu korekciju veikt automātiskās vadības sistēmā, izmantojot gaisa temperatūras un gaisa mitruma rādījumus. To iespējams veikt automātiski, neveicot svaru kalibrāciju ar izmainītu svara stieņa svara koeficientu.

Korekciju veic, izmantojot formulu (1.1):

(1.1)

$$S_k = S + C_t + C_m,$$

kur: S_k = Kopējais momentānais materiāla svārs (t/h);

S = Materiāla momentānais svārs uz svāriem (t/h);

C_t = Svara korekcijas koeficients temperatūras ietekmē (t/h);

C_m = Svara korekcijas koeficients gaisa mitruma ietekmē (t/h);
t/h = kraušanas kapacitāte tonnas stundā;

Svara korekcijas koeficientu C_t un C_m kopējās vērtības ir robežās no 0 – 6 t/h, jeb 0,3% no kopējās maksimālās kraušanas kapacitātes. C_t koeficienta robežvērtības ir no 0 – 2 t/h, C_m koeficienta robežvērtības ir no 0 līdz 4 t/h. Šādas robežvērtības tika noteiktas eksperimentāli. Koeficientu C_t un C_m vērtības tiek pārrēķinātas reizi stundā, izmantojot vidējo gaisa temperatūru un vidējo gaisa mitrumu stundas laikā. Programma paredz iespēju saglabāt un attēlot svaru rādījumus bez korekcijas koeficienta, lai precīzāk būtu iespējams veikt novērojumus un veikt svaru rādījumu salīdzinājumu. Korekcijas rezultātā svaru rādījumu kļūdu būtu iespējams samazināt par 1-1,2%.

Summary

In this paper is gathered information about common possible factors, that could make wrong belt conveyor weight scale measurements loading fertilizer materials. This information gives opportunity to foresee weight scale measurements, and by knowing it change weight scale calibration strategy to make sure that weight scale measurements error is small as possible.

For this purpose, was made research about air temperatures and air humidity's effect on weight scale error. All other factors were excluded by preventive work, like changing conveyor rollers, removing all possible vibration, making maintenances every month, etc. At the end of the research were made suggestions for preventing better weight scale measurements.

Research showed that weight scale measurements are the best, with smallest error <1,5% - 90% in average for three comparable weight scales, at temperature -10 °C or lower, but the worst weight scale measurements, with highest error >3% - 20% in average for two comparable weight scales, at temperature +25 °C or higher. At temperature -10 °C to +10 °C weight scales showed error <1,5% - 46% in average for two comparable weight scales, error 1,5-3% - 39% in average for two comparable weight scales and error >3% - 15% in average for two comparable weight scales. At temperature +10 °C to +25 °C weight scales showed in average good accuracy. And in this temperature were made 52% of measurements.

Air humidity research showed that at air humidity 70%-80% all weights shows solid error <1,5% - 92% in average for three comparable weight scales and error 1,5-3% - 8% in average for three comparable weight scales. At air humidity 80%-90% weight scales shows error <1,5% - 62% in average for two comparable weight scales, and error >3% - 11% in average for two comparable weight scales. At air humidity over 90% weight scales shows error >3% - 20% in average for two comparable weight scales.

Suggestions for getting better weight scale measurements are two:

1. Manually, before start loading ship make weight scale calibration, using its own load weight, changing coefficient by 0 to 0.3%, coefficient taken in advance of air temperature and air humidity level.
2. Changing weight scale measurements in computer program using formula, that includes weight measures in real time, coefficient for correction (depends on weather conditions – temperature and humidity in scale from 0 to 0,3). Weather conditions are monitored in average per hour and correction coefficient is changed once in hour.

Literatūra

1. Snežana ALEKSANDROVIĆ, Mihajlo JOVIĆ, „Testing and calibration of continuously operating belt weighers”, PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review), ISSN 0033-2097, R. 87 NR 7/2011, page 276 – 279, Available in internet: [Http://pe.org.pl/articles/2011/7/63.pdf](http://pe.org.pl/articles/2011/7/63.pdf) (skatīts 03.04.2016);
2. Y. Gao, "Research on Vibration Characteristics of Large Scale Belt Conveyor and its Application", Applied Mechanics and Materials, Vol. 686, pp. 491-496, 2014, Available in internet: [Http://www.scientific.net/AMM.686.491](http://www.scientific.net/AMM.686.491), (skatīts 05.04.2016);

3. “Kukla DWC-6 controller user manual”, 2012 (skatīts 04.04.2016);
4. “Multiple roller belt scale EBW-M installing and maintainace”, 2012 (skatīts 02.04.2016);
5. [Http://www.mathsisfun.com/measure/error-measurement.html](http://www.mathsisfun.com/measure/error-measurement.html) - mērījuma kļūdas, (skatīts 05.04.2016);