

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

MEHAANIKAINSTITUUT

Julija Lullu

Isekiikuv lapsehäll

Lõputöö

Juhendaja: Toivo Tähemaa

Kaasjuhendaja: Tatjana Baraškova

Tallinn 2015

## AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis..... juhendamisel

“.....”.....201...a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

“.....”.....201...a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... eriala/õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”.....201... a.

..... allkiri

TTÜ masinaehituse/mehhatroonika-/soojustehnika/materjalitehnika instituut

.....õppetool

# MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

2015 aasta kevadsemester

Üliõpilane: Julija Lullu (nimi, üliõpilaskood)

Õppekava: Tootearendus ja tootmistehnika

Eriala: Tootearendus

Juhendaja: dotsent, Toivo Tähemaa (amet, nimi)

Konsultandid: dotsent, Tatjana Baraskova, tel.51903540 (nimi, amet, telefon)

## MAGISTRITÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) Isekiikuv lapsehäll

(inglise keeles) Automatic swing baby cradle

## Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1	Teema aktuaalsuse uurimine. Tarbijate statistilise küsitluse läbiviimine, turuuuring.	30.03.2015
2.	Olemasolevate kiigutavate mehhanismide mudelite ülevaade.	15.04.2015
3.	Mehhanismide kinemaatika ja dünaamika analüüs. Mehhanismide võrdlemine nende vajalike harmooniliste võnkumise allikatena kasutamise seisukohast.	30.04.2015
4.	Isekiikuva mehhanismi matemaatilise mudeli arvutus. Mehhanismi dünaamika arvutus, elementide valik tugevusarvutuste alusel.	10.05.2015
5.	Eksperimendi läbiviimine ja tulemuste võrdlev analüüs. Konstruktsiooni väljatöötamine.	22.05.2015

**Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:**

On välja töötatud mehhanism, mis võimaldab saada hälli sunnitud võnkumisi omadustega, mis vastavad praktilistele näitajatele. Praktilises teostuses on kasutatud seotud võnkumiste teooriat.

**Täiendavad märkused ja nõuded:**

**Töö keel:** eesti keel

Kaitsmistaoitus esitada hiljemalt .....

**Töö esitamise tähtaeg:** 25.05.2015

**Üliõpilane:** Julija Lullu /allkiri/ ..... kuupäev.....

**Juhendaja:** Toivo Tähemaa /allkiri/ ..... kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

# SISUKORD

AUTORIDEKLARATSIOON .....	2
MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE .....	3
SISSEJUHATUS.....	8
1. PÜSTITATUD TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED .....	9
1.1. Töö ülesanded.....	9
1.2. Milly Mally hälli omadused .....	9
1.3. Miks on vaja valida hälli?.....	10
1.4. Lapse hälli ohutusnõuded .....	10
1.5. Tehtud hälli mõõtmised .....	11
2. TARBIJATE KÜSITLUS .....	12
2.1. Küsitluse küsimused ja vastused .....	12
2.2. Küsitluse kokkuvõte .....	16
3. TURU UURING .....	19
3.1. Uuritud eesti lastekaupade poed .....	19
3.1.1 „Beebi Center“ .....	19
3.1.2 „Baby Land“ .....	21
3.1.3 „Karupoeg Puhh“ .....	21
3.1.4 „Beebimaailm“ .....	21
3.1.5 „Chicco“ .....	21
3.1.6 „KidzOne“ .....	22
3.1.7 „MotherCare“ .....	23
3.1.8 „101 Lapsevankrit“ .....	24
3.2. Järeldus .....	24
4. PAKUTUD HÄLLI KIIGUTUSMEHCHANISMI MUDELI LIIKUMISE VORMID.....	25
5. KIIGUTUSMEHCHANISMID JA NENDE ARVUTUS .....	27

5.1 Läbivaadatud mehhanismid ja nende skeemid .....	27
5.1.1. Hammaslattsüsteemi mehhanism.....	27
5.1.2. Kuidas hammaslattsüsteemi mehhanism on võimalik kasutada hälliga .....	28
5.1.3. Hammaslattsüsteemi mehhanismi arvutus .....	28
5.1.4. Väntmehhanism (kepsvänt-mehhanism).....	29
5.1.5. Kuidas väntmehhanism on võimalik kasutada hälliga.....	30
5.1.6. Kulissmehhanism.....	31
5.1.7. Kuidas kulissmehhanism on võimalik kasutada hälliga .....	32
5.1.8. Nukkmehhanism .....	33
5.1.9. Kuidas nukkmehhanism on võimalik kasutada hälliga.....	34
6. VALITUD VEDRUMEHCHANISM.....	35
6.1. Vedrudele esitatavad üldnõuded.....	35
6.2. Vedru jäikuse arvutused .....	37
6.3. Vedru valik .....	43
6.4. Sumbuvad võnkumised.....	44
6.5. Vedru pikkus.....	45
7. ELEKTROMAGNETI ARVUTUS .....	46
7.1. Valitud elektromagneti tüüp .....	46
7.2. Elektromagneti ehitus .....	46
7.3. Sunnitud võnkumised hõõrdejõu ja magnetjõu olemasolu korral .....	47
7.4. Elektromagneti arvutus.....	48
7.5. Elektromagnetiga mehhanismi töötamise printsiip. ....	49
7.6. Valitud elektromagnet .....	50
7.7. Valitud LOGO kontrolleri .....	50
7.7.1. Mooduli LOGO! 230RCo ehitus .....	52
7.7.2. Mooduli LOGO! 230RCo ühendamise skeem.....	53

7.8. Valitud elektromagnetiline rele	53
7.9. Valitud nupp	54
7.10. Korpus	54
7.11. Skeem programmis LOGO!Soft Comfort	55
8. EKSPERIMENDID	57
8.1. Kasutatud seade manuaalse mõõtmise jaoks	57
8.2. Esimene eksperiment	58
8.3. Teine eksperiment	59
9. SEADUSED	61
KOKKUVÕTTE	64
CONCLUSION	66
KASUTATUD KIRJANDUS	68
LISAD	70

## SISSEJUHATUS

Selles magistritöös teeb autor ettepaneku lastehälli Milly Mally Sweet Melody isekiikva mehhanismi täiustamiseks. Antud teema valiti autori diplomitöö juhendaja Toivo Tähemaa juhendamisel. Kuna väikelapse tõttu ei olnud töö autoril võimalust minna tööle, siis diplomitöö teema valikul võeti vastu otsus lähtuda sellest, mida võib kasutada laste jaoks. Lastehälli, millele antud töös tehakse ettepanek lisada mehhanismid, kasutas töö autor ise. Viidi läbi üksikasjalik küsitlus, mis tõendab, et on mõtet pakkuda isekiigutavat mehhanismi just sellele lastehälli mudelile. Samuti viidi läbi üksikasjalik turuuuring, millest selgus, et Eestis ei ole ühtegi isekiikiva hälli mudelit. Isegi lihtsaid hälle Eesti turul praktiliselt ei ole.

Töös uuriti ja arvatati 5 kiigutavat mehhanismi:

- Väntmehhanism
- Kulissmehhanism
- Nukkmehhanism
- Vedrumehhanism
- Hammaslattsüsteemi mehhanism
- Elektromagnetiga mehhanism

Nendest mehhanismidest valiti üks kõige sobivam variant. Selleks variandiks isekiikva mehhanismi jaoks sai vedrumehhanism, mis on täielikult ohutu lapse tervisele. Kuid see omakorda ei saa tagada väga pikka hälli kiikumise aega. Vedrumehhanism pikendab oluliselt võngete kestust, samuti tagab hällile vedrutavuse. Lapse liikumisel hakkab häll tegema väikseid võnkeid, mis aitavad lapsel uinuda. Teise isekiikva hälli mehhanismina on pakutud magnet LOGO kontrolloriga. Magnet töötab vooluvõrgust ja tagab pidevad mittesumbuvad võnked. LOGO kontrolleri abil hakkab magnet automaatselt sisse- ja välja lülituma luues seejuures võnkeid hällil. Samuti tehti nende mehhanismide dünaamika ja kinemaatika uurimine. Tehti vaadeldavate mehhanismide arvutus ja pakuti kontrollereite ja magnetite tüübid.

Samuti viidi läbi eksperiment. Valitud mehhanismi abil oli vaja saada võnkeid, mis on sarnased võngetega, mis tekivad hälli kiigutamisel ema poolt. Kiigutades hälli käega (lapse kaaluga hälli sees) tehti seadmega CHR – UM6 Ultra Miniature võnkumiste mõõtmised ja koostati graafik. Vedrumehhanismi arvutustel oli vaja saada sarnane graafik, et tõestada, et hälli kiikumine valitud mehhanismiga on sarnane ema käetõugega kiigutamisega. Arvutuslike andmete töötlemisel programmis Matlab saadi graafik, mis oli sarnane esimesega. See tõestab, et valitud vedrumehhanism sobib lastehälli kiigutamiseks.



# 1. PÜSTITATUD TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

## 1.1. Töö ülesanded

Kuna töö ülesandeks on isekiikuva mehhanismi väljatöötamine, siis lahendati 2 ülesannet.

Lõputöö autor kasutas seda hälli 6,5 kuud, see oli väga mugav aga leidsin ka puudusi, mida tahaks parandada ja teha seda hälli palju paremaks ja nõutumaks.

Esimeseks ülesandeks oli varustada häll mehaanilise süsteemiga, mis ei ole kindlasti ohtlik lapse tervisele ja mis võimaldab hällil kiikuda. See annab emale võimaluse tegeleda oma asjadega, kui laps rahulikult magab tasakesi isekiikivas hällis. Oli ka vaja teha hälli vedrutavaks, nagu jalutuskäru. Kõik teavad, et kärus lapsed magavad väga hästi ja kaua, kuna seal on mugav nagu ema kõhus, käru liigub ja kui on vaja, siis saab ema käru natuke kiigutada üles alla (vedrutavus), mis meeldib ka lapsele.

Teiseks ülesandeks oli pakkuda välja mehhanism, mis annab hällile võimaluse pidevalt kiikuda ja saada juhtivad võnkumised.

## 1.2. Milly Mally hälli omadused

- Hälli jalgadel on kergesti blokeerivad rattad
- Hälli saab reguleerida neljale erinevale kõrgusele
- Hälli seina kõrgust saab samuti reguleerida – näiteks kergemaks mähkmevahetuseks
- Eemaldatav baldahhiin
- Pehme mänguasjadega mängutoos – karusell, vibratsiooni, meloodia ning valgusega.
- Eemaldatav ja pestav lina
- Häll on seest pehme vooderdusega
- Madrats
- Tasku mähkmete
- Suur korv lisatarvikutele

Tabel 1. Lähteandmed [1].

№	Suuruse nimetus	Tingmärk	Väärtus mm
1	pikkus	l	870
2	laius	d	470
3	sügavus	h	270

### 1.3. Miks on vaja valida hääll?

Vastsündinud laps magab esialgu peaaegu terve päeva, sellepärast on väga oluline luua talle rahulikud ja turvalised magamistingimused. Esiteks on lapsele vaja väga mugavat häälli/voodit, kus oleks mugav magada. Vaatamata sellele, et praegu on väga suur valik häälli, on emadel ikka väga palju küsimusi: kuidas valida õige hääll, kas on vaja rattaid, sahtlit, muusikat, valgustit, mis materjalist hääll peab olema jne.

Hääll on spetsiaalselt ettenähtud selleks, et väike laps oleks ümbritsetud maksimaalse soojusega ja komfordiga. Häälli suurus on küllaltki väike ja lapse ruum on piiratud, nagu ema kõhus. See loob täiendava kaitstuse tunde. Väga suure häälli pluss on see, et seda on väga lihtne ja mugav korteris teisaldada. Paljudel mudelitel on rattad, mis teevad liikumise mugavaks. Tavaliselt on komplektis juba madrats, baldahhiin, voodipesu ja ilusad mänguasjad (karusell). Mõnedel on kiigutamismehhanism ja muusika. Väga tore kui ühe ostuga saab osta kõik ühes komplektis.

Häällil on väga palju eeliseid, puuduseks on vaid see, et kasutada saab seda umbes kuni lapse kuue kuu vanuseni ja muidugi on see lisakulu. Aga oma kogemuste järgi võib lõputöö autor väita, et mugavus, kasumlikus ja meeldivad muljed maksavad seda raha.

### 1.4. Lapse häälli ohutusnõuded

1. Häällil peab olema kvaliteedisertifikaat.
2. Häälli materjalid peavad olema ökoloogilist puhtad.
3. Häällil ei tohi olla teravaid servi ja ebausaldusväärseid kinnitusi. Kõike seda mille vastu võib laps ennast vigastada.
4. Häälli põhi ja küljed peavad olema ventilatsiooniga, hea ventilatsioon on nii häällis kui ka madratsi all.

5. Ventilatsioonavad peavad olema silmapaistmatud, et laps ei saaks sinna kinni jääda.
6. Külje seina pikkus peab olema vähemalt 45 sm
7. Hälli pind peab olema sile
8. Üks nõue, mis võiks olla hällile soovituslik – eemaldatav hälli külgsein, et ema saaks hälli enda voodile lähemale panna [2].

## 1.5. Tehtud hälli mõõtmised

Oli tehtud erinevad hälli mõõtmised:

Tabel 2. Hälli mõõdud

Korvi mass, m kg	Seinte ja põhja paksus, e mm	Kaugus massikeskmest kuni vedrudeni, f mm	Kiikumise aeg ilma massita, t <sub>1</sub> s	Kiikumise aeg massiga, t <sub>2</sub> s	Võnkumiste period, T s
2,5	5	350	54	46	2

Sarnaste võnkumiste period  $T = 2$  s, kuna autor sai seitse sama võnkumist neljateist sekundi jooksul.

$$T = \frac{14 \text{ sek}}{7} = 2 \text{ s}$$

## 2. TARBIJATE KÜSITLUS

### 2.1. Küsitluse küsimused ja vastused

Enne turuuringu tegemist viidi läbi küsitlus noorte tuttavate emade hulgas hällide vajaduse ja funktsioonide kohta.

Küsitluse küsimuste näidis:

1. Kas teil oli/on häll?
2. Kui jah/ei, siis miks?
3. Nimetage hälli hind
4. Kas olite hälliga rahul?
5. Mis puudused sellel olid?
6. Mis eelised sellel olid?
7. Kas tahaksite oma beebile isekiikuvat hälli? Miks?

Küsitluses osales 17 inimest.

1. Kas teil oli/on häll?



Sele 1. Inimeste arv, kellel lastehäll on/ei ole

Diagrammilt on näha, et näitab peaaegu võrdseid vastuseid. 9 inimesed ostsid oma beebile hälli ja 8 ei ostnud.

2. Need kes vastasid jah põhjendasid seda nii:

- See on väga ilus ja armas – vastasid 5 inimest

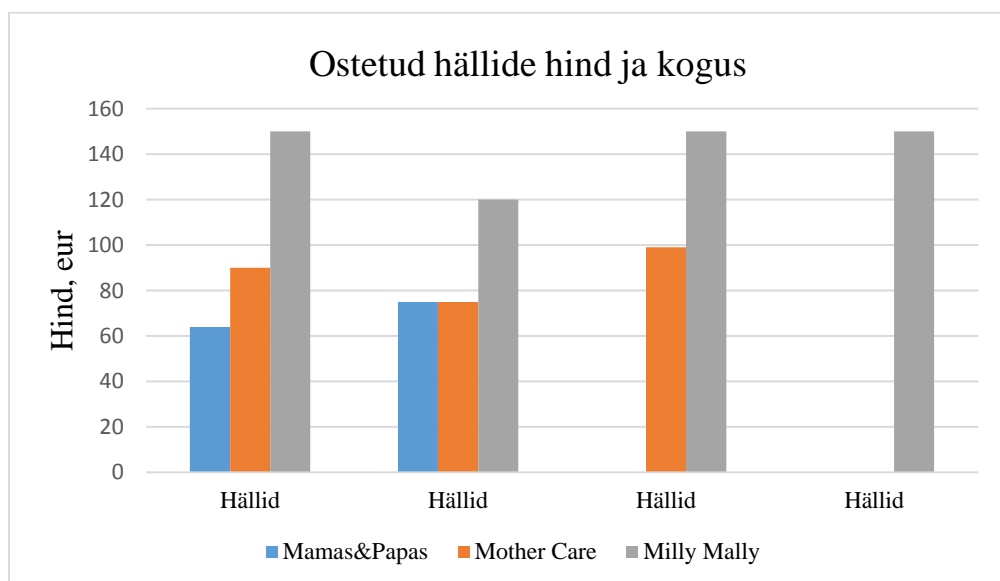
- Lapsel on väikses hällis mugavam kui suures voodis, seda on väga mugav kiigutada
- Kuna meil on suur maja, oli mul mugav hälli kaasa võtta
- Lihtsalt tahtsin, et mul lapsel oleks ilus häll
- Meie hällis oli palju lisavarustust ja meile meeldis, et ei ole vaja teisi tarbeid eraldi osta (voodipesu, baldahhiin, karusell)

Need kes vastasid ei:

- 6 inimest vastasid, et nendel ei olnud rahalisi võimalusi, et hälli osta
- Mõttetu raha raiskamine – 2 inimest

3. Nimetage hälli hind:

- 64 eurot – Mamas&Papas
- 90 eurot – Mother Care
- 75 eurot – Mother Care
- 150 eurot – Milly Mally
- 120 eurot – Milly Mally
- 99 eurot – Mother Care
- 75 eurot – Mamas&Papas
- 150 eurot - Milly Mally
- 150 eurot – Milly Mally

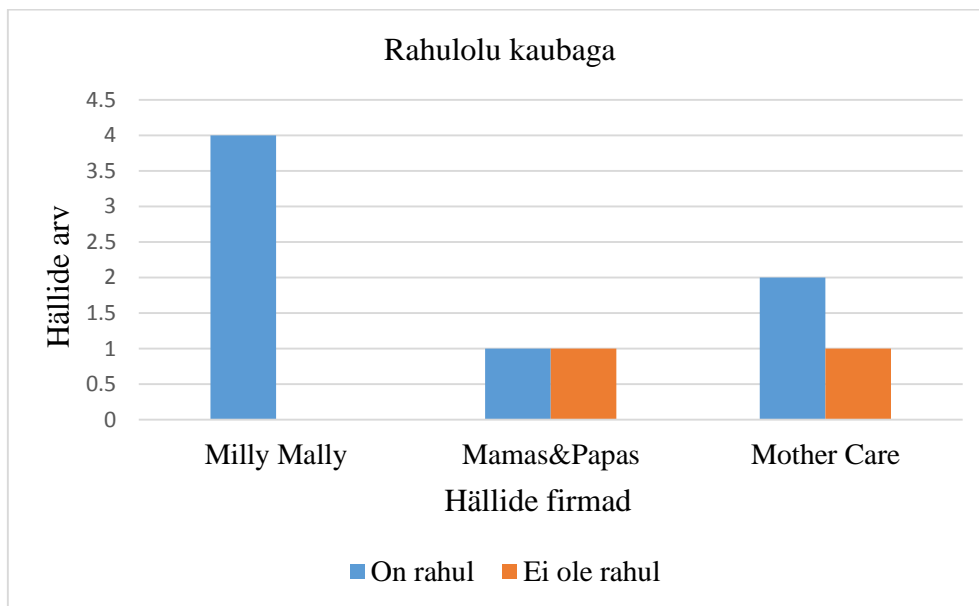


Sele 2. Diagramm, mis näitab küsitluse osalejate keskel ostetud hällide hinda ja kogust

Diagrammist on näha, et eelistati Milly Mally hälli ja selle hälli hind on ka kõige kallim. Teisel kohal asuvad Mother Care hällid kus hind on juba madalam. Kolmandal kohal on Mamas&Papas hällid ja siin on juba kõige madalam hind.

#### 4. Kas olite hälliga rahul?

- 64 eurot – Mama&Papas - Jah
- 90 eurot – Mother Care – Ei
- 75 eurot – Mother Care - Jah
- 150 eurot – Milly Mally - Jah
- 120 eurot – Milly Mally - Jah
- 99 eurot – Mother Care - Jah
- 75 eurot – Mamas&Papas - Ei
- 150 eurot - Milly Mally - Jah
- 150 eurot – Milly Mally – Jah



Sele 3. Diagramm, mis näitab tarbijate rahulolu kaubaga (lastehälliga)

Milly Mally hällid meeldisid kõigile tarbijatele. Mamas&Papas ja Mother Care hällidele oli nii hea kui ka halb tagasiside.

#### 5. Mis puudused sellel olid?

Mamas&Papas hällide omanikud vastasid:

- Hälli ei ole mugav liigutada, kuna see on ilma ratasteta.

- Ei ole mugav panna sellele hällile karuselli.
- Hälli jalad olid ebastabiilsed. Jalad osteti eraldi.

#### Milly Mally puudused:

- Karusell on sisseehitatud ja vahetada seda ei saa. Pöörleb liiga kiiresti, tahaks, et oleks aeglasem.
- Ebamugav hälli kõrguse reguleerimine.
- Rattad keerlevad halvasti.

#### Mother Care puudused:

- Pärast 3 kuud kasutamist hakkas häll kiigutamisel kriuksuma
- Madratsi peab ostma eraldi ja see on küllaltki kallis (käest osteti ilma madratsita)
- Raske lukustada kiigutusmehhanismi

#### 6. Mis eelised sellel olid?

##### Mamas&Papas:

- Ökoloogiliselt puhas
- Ilus
- Soodne hind
- Mugav vahetada ja pärast tagasi panda voodipesu
- Väga lihtne korvi kaasa võtta teise tuppa, selle küljes on käepidemed
- Võtab vähe ruumi

##### Milly Mally

- Väga ilus
- Ratastega
- Komplektis on väga palju lisavarustust, mis ei ole vaja eraldi osta
- Vibratsioon
- Valgusti
- Hälli on mugav teise tuppa liigutada
- Hällis on mitu erinevat meloodiat
- Palju taskuid kuhu saab panna lapse asju
- Mugav sahtel hälli all

##### Mother Care:

- Väga ilus
  - Ökoloogiliselt puhas
  - Kerge
7. Kas tahaksite oma beebile isekiikuvat hälli? Miks?

Peaaegu kõik vastused olid lihtsalt - jah tahaksin.

- See on väga mugav
- Ei pea ise istuma ja kiigutama
- Saan teha oma koduasju teises toas aga laps magab kiigutatavas hällis
- Pidin last alati süles kiigutama, sest teisiti ta magama ei jäänud, arvan, et niisugune häll oleks mulle heaks abiks
- Kui see ei ole liiga kallis, siis tahan

2 vastust olid negatiivsed



Sele 4. Inimeste arv, kellele pakub huvi/ei paku isekiikuv häll

## 2.2. Küsitluse kokkuvõte

Küsitluses osales 17 inimest, kes vastasid küsimustele, mis olid seotud lapse hälliga. 9 inimesel oli lapsel häll ja 8 inimesel hälli ei olnud. Esimene põhjus, miks tarbijad ostavad hälli on see, et see on ilus ja armas. See on mugav, kiikuv, lihtsalt liigutatav, mõnedes hällides on juba olemas lisavarustus, mis ka on väga mugav. Nendel inimestel kellel hälli ei ole, ei olnud rahalist võimalust, et osta oma beebile niisugust kaunist asja. Mõned otsustasid, et beebi häll on mõttetu asi. Kõige kallim häll, mis tarbijad olid ostnud oli Milly Mally. Mother Care ja Mamas&Papas

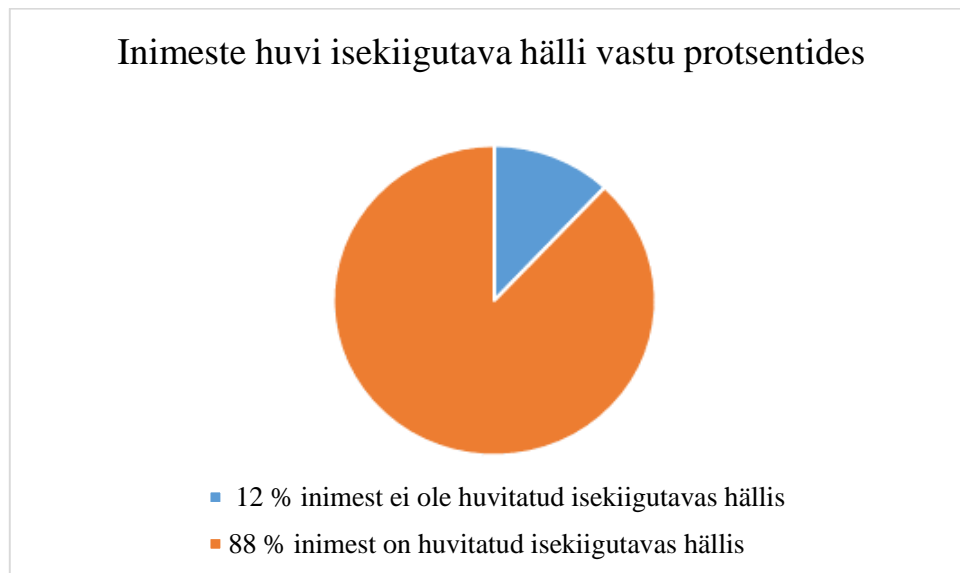


hällidel on umbes sama hind. Hällide hindade nimekirja järgi võib öelda, et keskmise hälli hind Eestis on ligi 108 eurot.

Küsitluse tulemus näitab, et Milly Mally hällid meeldisid kõigile tarbijatele. Mamas&Papas ja Mother Care hällidel on nii head kui ka halvad tagasisided. Milly Mally hällidel on väga palju eeliseid, teistel hällidel on neid vähem. Milly Mally hälli ostetakse kõige rohkem, vaatamata sellele, et selle hind on kõige kõrgem. See näitab, et inimestele jaoks on kvaliteet ja mugavus palju olulisemad, kui hind. Kui inimene saab tõesti kvaliteetse kauba, siis ta on nõus maksma rohkem.

Küsitlusest viisteist inimest tahaksid saada oma beebile isekiikuvat hälli. See teeb ema elu palju kergemaks, ema teab, et laps tunneb ennast nagu tema kiigutavates kätes.

Tulemus: 88% inimest tahaksid oma beebile isekiikuvat hälli.



Sele 5. Diagramm mis näitab inimeste huvi isekiikutava hälli vastu protsentides

Lõputöö autor on ise tulemusega täiesti rahul ja on kindel, et idee Milly Mally hällide lisavarustuse (isekiikutava mehhanismi ja kõrguse reguleerimismehhanismi) pakkumine teeb hälli palju paremaks ja mugavamaks, teeb selle hälli turustamiskõlblikumaks, tõstab hälli hinda ja firma autoriteeti. Küsitlusest on näha, et esiteks inimesed tahavad saada kvaliteetset kaupa ja on nõus kvaliteedi ja mugavuse eest raha maksma. Küsitlus tõestab, et lisavarustust on vaja pakkuda just Milly Mally hällidele, kuna tänapäeva Eesti turul see on kõige mugavam ja ilusam ning hea lisavarustusega häll.

Küsitluses osalesid 3 firma hällid ja Milly Mally häll sai kõige paremad tagasisided. Küsitlus näitas, et emadele on kõige olulisemad lapsehällide omadused, millistega hälli puudustega nad

on kokku puutunud. Jah on selge, et noored emad on nõus rohkem maksma kvaliteetse hälli eest. Eelduseks on lapse ja ema mugavus.

Enda kogemuse järgi võib lõputöö autor öelda, et see häll aitas tal raha säästa. Muidugi tahab iga ema, et vastsündinul lapsel oleks kõik uus. Hälli hind on 150 eur, aga seal on juba baldahhiin, karusell, valgusti ja osaliselt voodipesu. Tavaline ilus voodi maksab umbes 80 – 180 eurot, aga sinna on vaja osta voodipesu koos baldahhiiniga ja baldahhiini hoidjaga, kõik kokku maksab umbes 80 – 100 eurot. Voodikaruselli hind algab alates 40 eurot + valgusti hind min. 25 eurot. Siit saame voodi hinnaks koos eraldi ostetud varustusega 225 – 345 eurot. Diplomitöö autor kasutas hälli ligi 6,5 kuud. Pärast ostis juba tavavoodi erakätest, voodi oli ideaalses seisukorras ja selle hind oli 25 eurot. Autorile kingiti voodikarusell, mis läheb tavavoodisse, aga laps juba oskas seista ja see mänguasi lendas alati põrandale. Seejuures võib täpselt öelda, et pärast lapse 7 kuuliseks saamist ei ole vaja otsa voodile lisavarustust ja selle kasutamisel ei ole mõtet. Palju lihtsam osta uus häll kõige varustusega ja mugavusega komplektis ja pärast, kui laps kasvab, lihtsalt osta tavavoodi.

### 3. TURU UURING

Turuuuringu käigus vaatas autor läbi 9 suuremat ja populaarsemat lastepoodi Eestis, kus müüakse lastevoodeid ja -hälli. Meie poodides on küllaltki suur lastevoodite valik, aga hälli peaaegu ei ole. Valik on väga väike ja hinnad on suured. Küsitluse järgi sai autor teada, et tarbijad tahavad näha ja saada võimalust osta oma beebile ilusat hälli, kus on komplektis juba kiigutusmehhanism, karusell, valgusti ja mugav kõrguse reguleerimise võimalus. Analüüsi käigus selgus, et Eestis ei ole niisugust toodet, mis vastaks tarbijate kõigile nõudmistele. Allpool on toodud lastepoed ja nende hällide sortiment koos firmade nimedega ja hindadega.

#### 3.1. Uuritud eesti lastekaupade poed

##### 3.1.1 „Beebi Center“



Sele 6. „Mamas&Papas“, kiikuvad jalad [3]

„Mamas&Papas“, kiikuvad jalad (korv ostetakse eraldi) hind – 49 eurot.

Kiikuvad jalad Mamas & Papas'e Moses beebikorvile. Saadaval erinevates värvitoonides. Kiikuvatel jalgadel on lisaks olemas ka stabilisaatorid, mille abil saab korvi panna ka paigale seisma. Jalgade mõlemas otsas on ka reguleeritavad rihmad, mis lisavad turvalisust. Piltidel nähtav korv ei kuulu komplekti ja tuleb osta eraldi [3].



Sele 7. „Mamas&Papas“ jalad [4]

„Mamas&Papas“ jalad (korv ostakse eraldi) hind – 31 eurot.

Jalad Mamas & Papas Moses beebikorvile. Pildidel nähtav korv ei kuulu komplekti ja tuleb osta eraldi [4].



Sele 8. „Moses“ beebikorv [5]

„Moses“ beebikorv – hind 139 eurot.

Disainitud kasutades kõrgema kvaliteedi materjale ning pöörates erilist tähelepanu väiksematele detailidele. Beebikorv sobib suurepäraselt kokku Mamas & Papas kollektsioonide interjööridega.

Kõik Mosese korvid sisaldavad:

Vastupidavast materjalist korvi, millel on kõrgekvaliteedilisest kangast reguleeritav katus. Sobib lapsele alates sünnist ja sisaldab madratsit ja masinas pestavaid voodiriideid.

Kate: 75% puuvili ja 25 % linane kangas.

Suurus: 85cm x 45cm.

Korvi jalad ei ole komplektis, need peab eraldi ostma. Teie beebi turvalisus on meile kõige tähtsam, Moses korvid on testitud ja vastavuses BS EN 1466 Suurbritannia turvalisuse standarditega [5].

### **3.1.2. „Baby Land“**



Sele 9. Milly Mally hääll Sweet Melody [6]

On võimalik ainult tellida, vabas müügis ei ole. Maksumus 150 eurot + transpordikulud.

### **3.1.3. „Karupoeg Puhh“**

Müügis häälle ei ole [7].

### **3.1.4. „Beebimaailm“**

Müügis häälle ei ole [8]

### **3.1.5. „Chicco“**

Müügis häälle ei ole [9]



### Sele 10. Korvhäll Monica white [10]

Korvhäll Monica white, hind – 229 eurot

- armas punutud häll beebile
- tugeva ja vastupidava konstruktsiooniga
- häll on kiikumismehhanismiga
- komplekt sisaldab: külgede pehmendust, madratsit,
- kardin koos kardinapuuga, tekikotti, padjapüüri ning korvhälli koos kiigega
- madratsi mõõt: K 3 sm x L 48 sm x P 85 sm
- sobib alates lapse sünnist kuni laps hakkab pöörama [10]

#### **3.1.6. „Juku**

Müügis hälle ei ole [11].

### 3.1.7. „MotherCare“



Sele 11. Mothercare Deluxe Beebivoodi kiigega [12]

Mothercare Deluxe Beebivoodi kiigega – naturaalne

Hind – 141 eurot

Omadused ja eelised:

- Ilusas puidust beebivoodis on mugav beebi õrnalt magama kiigutada, tekitades beebile tunde, et ta uinuks justkui süles
- Loob ideaalse magamisaseme, kui on komplektis 38 x 89 sm kandilise võrevoodi madratsiga (saadaval eraldi)
- Sobib kasutamiseks alates sünnist kuni umbes 6. elukuuni
- Voodi on valmistatud tugevast ja vastupidavast kasepuust
- Kui beebi uinub, saab voodi kiigutamismehhanismi lukustada, et voodi oleks kindlas positsioonis.
- Mõõdud: kõrgus 95 sm x laius 50 sm x sügavus 81 sm [12].

### 3.1.8. “101 Lapsevankrit”



Sele 12. Voodi Radek II kiik+kast [13]

Voodi Radek II kiik+kast, Hind – alates 150 eurost, männipuidust beebivoodi, kiik+pesukast

- võimalik küljepulkasid ära võtta (2 tk.keskelt)
- voodipõhja võimalik tõsta 3 erinevale kõrgusele
- voodikast on laminaadist ja liigub metalliuguritel
- voodit saab kasutada hällina/kiigena
- sobivat mõõtu madrats voodisse: laius 60 sm, pikkus 120 sm
- madrats ei ole hinna sees [13].

### 3.2. Järeldus

Võrdlemiseks võttis autor lastepoe “Baby Land“, mis on ainuke Eestis ja asub Tartus. Autor valis selle poe, kuna seal on kõige suurem valik ja adekvaatsed hinnad. Samuti müüakse ainult seal hälli Milly Mally, mida autor ise kasutas ja see on autori arvates ainuke häll, kus on küllaltki palju sisseehitatud mugavusi.

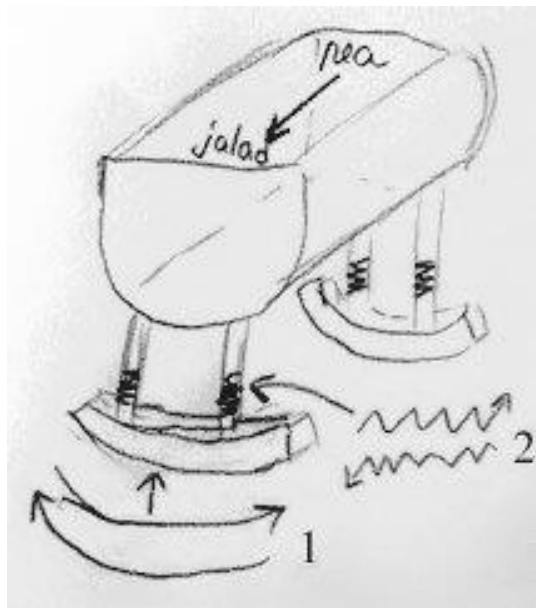
Selles poes müüdi 02.03.2015 seisuga 35 erinevat erinevate firmade lastevoodit, erineva disainiga ja hindadega. Ja nende paljude voodite hulgas ei ole ühtegi lapsehälli. Praegu on võimalik hälli “Milly Mally” ainult tellida.

Nii võib öelda, et paremal juhul on Eestis müügis lapsehülle ainult 0,35% kõigist vooditest. See on muidugi väga väike näitaja.



## 4. PAKUTUD HÄLLI KIIGUTUSMEHHANISMI MUDELI LIIKUMISE VORMID

Looduses leidub nii kahjulikke kui ka kasulikke võnkumisi. Kõik võnkumiste liigid, mida kasutatakse teaduses ja tehnikas on kasulikud. Meie Universum (maailm) võngub. Ostsillaatoriks on tiheda massi liikumine Universumi keskel. Seega on võnkliikumine kõige loomulikum liikumine. Meie elu aluseks on just võnkliikumine. Iga keha iseloomustab omasagedus. Inimsüda on täiuslik autovõnkuv süsteem. Autovõnkuv süsteem on looduslik ideaalne ostillaator. Võnkliikumisi sooritavad inimese südame ja kopsude osad. Sellepärast on väikesed vabad hüplemise ja pikikiikumise võnked kasulikeks võnkumisteks.



Sele 13. Joonisel on kujutatud hälli kombineeritud võnkumine, kus:

1. võnkumised küljelt küljele
2. võnkumised üles-alla (vedrudega)

Võeti vastu otsus, et lisaks lihtsatele küljelt küljele võnkumistele (paremale ja vasakule) lisada hälli konstruktsiooni vedrud, mis annavad hällile sellised amortiseerivad omadused, mis laste rõõmu valmistavad. Viidi läbi küsitlus inimeste hulgas, kellele autor esitas küsimuse, kuidas nad pidid kiigutama oma last, et ta magama jääks. Pooled vastasid, et lisaks lihtsale kiigutamisele aitavad last uinutada kergelt kaootiline kiigutamine kätel (küljelt küljele ja üles alla). Just sellepärast toetudes oma isiklikule kogemusele ja küsitletud inimeste kogemusele otsustas autor paigaldada hälli jalgadele vedrud. Kui häll hakkab sooritama selliseid vajalikke võnkeid, siis kiigub laps erinevates suundades. Väikesed võnked võimaldavad hoida last suhtelises paigalseisus, kuna hälli kaldenurk horisontaalpinna suhtes on väiksem, kui 10 kraadi. Sellised võnked peavad lapsele meenutama tema elu enne sündi. Horisontaalne kiikumine

arendab vestibulaarset aparati. Sellises hällis on kergem uinutada last, kui kätel. He, kui laps saab ka ise tekitada oma liikumisega väikese õõtsumise. Kirjeldatud võkumisis võib lugeda kombineeritud liikumisteks. Kombineeritud liikumine on tahke keha liikumise üldjuhtum. Sellist liikumist või ette kujutada kui poolusega kulgliikumist ja kui sfäärilist liikumist ümber pooluse. Sellise liikumise kirjeldamisel võetakse kasutusele kombineeritud koordinaatide süsteemid. Kombineeritud perioodiline liikumine on kombineeritud võnkumine, mida võib jagada mitmeks harmooniliseks võnkumiseks. Selliseid võnkumisi saab kirjeldada superpositsioonide põhimõttel. Selliselt tuleb spetsiaalsete seadmete abil saada sumbumatud võnkumised, mis toovad kaasa hälli võnkumise. Selline seade peab tagama uinutavad liigutused lapse rahustamiseks ja unise seisundi ergutamiseks. Seadmel peab olema suurendatud tõhususega uinutamise omadus. Seadme peamiseks omaduseks on hälli liikumise suuna ja amplituudi sujuv muutumine. Hälli mehhanism peab olema usaldusväärne ja ohutu. Häll peab olema piisava liikuvusega. On teada, et võnkumiste periood ei sõltu võnkumise amplituudist. Kuid on hea, kui võnkumiste amplituud veidi muutub. Ühesuunalised liikumised on monotoonsed, sellepärast tuleb püüda saavutada võnkumiste ebahühtlust. Liikumised peavad olema sujuvad ja vahelduva intensiivsusega. Selliseid liigutusi võib saavutada vedrude seotud võnkumiste abil. Lühiajalise surve ajal hällile vedrud deformeeruvad ja tekivad monotoonselt sumbuvad võnkumised mis tahes suunas.

Hüplemise ja pikikiikumise väikeste vabade võnkumiste kirjeldamiseks võetakse kasutusele üldistatud koordinaadid, telje ja nurga koordinaadid, kui keha liikumisel on kaks vabadusastet. Võnkuva hälli matemaatiliseks mudeliks on füüsikaline pendel. Füüsikalise pendli paigalseis võib vastata masside keskme alumisele positsioonile. Sellises asendis on pendli potentsiaalne energia raskusjõuväljas minimaalse väärtusega. Pendli selline asend on püsikindel. Kui pendel sellest asendist välja viia väikese nurga võrra vertikaaltasandis, siis hakkab ta võnkuma omasagedusega vertikaalse telje suhtes.

## 5. KIIGUTUSMEHCHANISMID JA NENDE ARVUTUS

### 5.1 Läbivaadatud mehhanismid ja nende skeemid

Siin on antud 5 autori poolt valitud mehhanismi. Eesmärgiks on põhjalikult uurida ja valida kõige sobivam kiigutusmehhanism. On vaja teada kuidas see töötab nii skemaatiliselt kui ka reaalsuses situatsioonis. Pärast peab autor otsustama, milline mehhanism on parem ja miks.

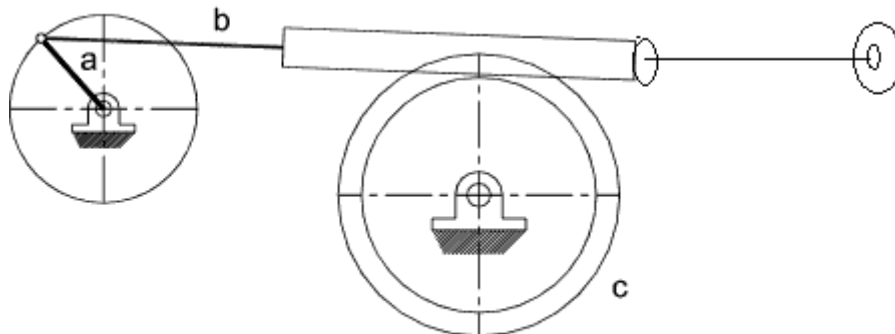
#### 5.1.1. Hammaslattsüsteemi mehhanism

Hammaslatt mehhanism seisneb silindrilisest hammasrattast ja hammaslatist – latt koos latti lõigatud hammastega. Kui hammasrattas pöörleb liikumatu latti suhtes, siis telg koos rattaga omandab sirgjoonelise kulgliikumise [14].

Seletus joonisele.

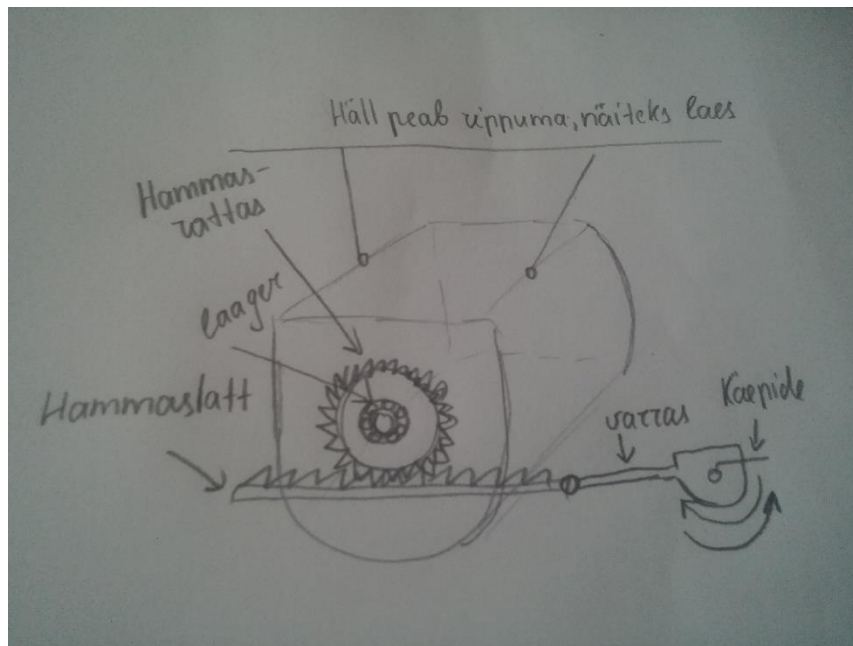
Selle tüüpi mehhanism toodab muutuvat või kiikuvat liikumist, mis paneb objekti (c) liikuma vähem kui 360° ulatuses ja see on võnkliikumine.

See on lihtne pöörlev kang (b) koos hammasrattaga (c), mis on seotud käiguga (a). Kangi (a) pöörlev liikumine paneb kangi (b) tööle, mis omakorda käivitab objekti (c) kiikumise [15].



Sele 14. Hammaslatt süsteem, kiikuva mehhanismi skeem [15].

## 5.1.2. Kuidas hammaslattsüsteemi mehhanism on võimalik kasutada hälliga



Sele 15. Hammaslatti süsteemi mehhanismi eskiis koos hälliga

See mehhanism koosneb hammasrattast, latist, varrast ja rattast. Ratta pöörlemisel liigub varras edasi-tagasi liigutades latti, mis on haagitud liikuva ratta külge. Rattast pööratakse käepideme abil, kui ei kasutata ajamit. Toimub pöörliikumise muundamine edasi-tagasi liikumiseks, mis oma korda muundub pöördliikumiseks. Isekiikva mehhanismi jaoks oleks vaja ajamit, kuid on vähe neid, kes on nõus kasutama ajamit kodustes tingimustes. Antud magistritöö autori arvates ei sobi see mehhanism iseikiikva mehhanismina hällile. Selle mehhanismi paigaldamine ja kinnitamine on ebamugav. Hammasratta ja lati tõttu hakkab hällis olema kõrvaline müra ja kahjulik vibreerimine. Autori arvates on sama ebasoovitav kinnitada mehhanismi hälli korvi külge. Esmajärjekorras lapsele ohtlike asjaolude tõttu – müra, vibratsioon, kõrvaline ese hälli seina küljes. Samuti ei võimalda selle hälli korvi konstruktsioon kinnitada sellele mis tahes kõrvalisi mehhanisme. Korvi seina paksus on kõigest 5 mm, materjal – vineer. .

### 5.1.3. Hammaslattsüsteemi mehhanismi arvutus

Ülesanne seisneb täitemehhanismi liikumisvõrrandi määramises. Algandmeteks on peavända  $a$  pöördenurga muutumise võrrand ajas. Oletame, et antud võrrand näeb välja nii:

$$\varphi = 2t \quad (5.1)$$

Siis on peavända pöörlemise nurkkiirus püsikindel. Mis näitab, et peavänt pöörleb ühtlaselt.

$$\omega_a = 2 \frac{rad}{s} \quad (5.2)$$

Ahela lõpu lineaarkiirus  $a$  määratakse kindlaks järgmise valemiga, võttes arvesse, et peavända pikkus on võrdne 0,2 m:

$$v_a = \omega_a r_a = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \frac{m}{s} \quad (5.3)$$

Mehhanismi teiste lülide kiiruste leidmiseks kasutame tahke keha liikumise seadusi. Võtame arvesse, et puudub libisemine ja et kehade puutepunktide kiirused on võrdsed. Peame meeles, et keha kõikide punktide kiirused ja kiirendused on võrdsed, kui keha liigub kulgevalt. Kasutame tahke keha mis tahes kahe punkti kiiruste projektsioonide võrdsuse teooriat. Sirge, mis ühendab neid punkte mehhanismi lameparalleelsel liikumisel. Tuleb kasutada kiiruste ja kiirenduste hetkeskpunkti mõistet. Soovitusi tuleb rakendada mehhanismi igale lülile.

Seega on:

$$v_a \cdot \cos\varphi = v_b = 0,4 \cdot \cos 2t \quad (5.4)$$

Kepsi ja hammasratta puutepunktil on lineaarne kiirus, mis on suunatud piki lüli  $c$ . Sirge, mis ühendab peavända lõpppunkti ja kepsi puutepunkti  $c$  rattaga langeb kokku lüliga  $c$ . Teades kepsi liikumise kiirust, leiame täitemehhanismi liikumise valemi:

$$\frac{dx}{dt} = 0,4 \cos 2t \quad (5.5)$$

$$\int_0^x dx = \int_0^t 0,4 \cos 2t = 0,4 \cos 2t \Big|_0^t = 0,4 \cos 2t \quad (5.6)$$

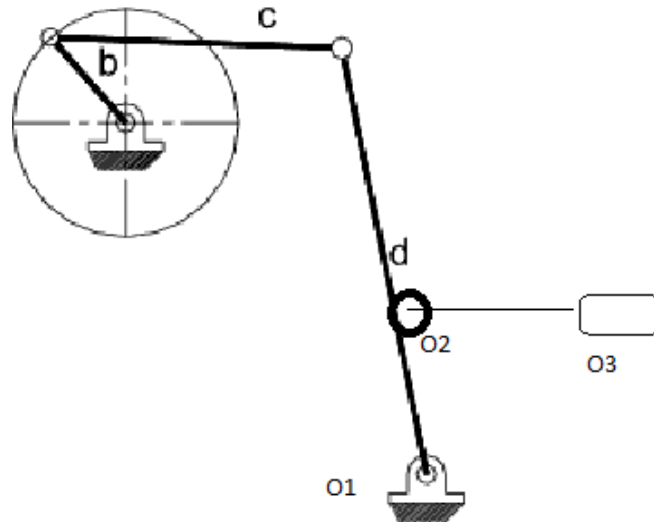
Saime võnkumisprotsessi valemi, kus peavända pöördnurk on määratud kepsi ja hammasratta haakumise intervalliga.

Reaalses olukorras peab selles mehhanismis olema ajam, mehhanism kinnitatakse seinale. Võnkumise periood peab olema vähem kui igal teisel mehhanismil. Periood sõltub rõngaga hambumises asuva lati pikkusest. Ei ole vaikne ja tekitab elektrivälja.

#### 5.1.4. Väntmehhanism (kepsvänt-mehhanism)

Väntmehhanism on ettenähtud kolvi edasi – tagasi liikumise moodustamiseks [15].

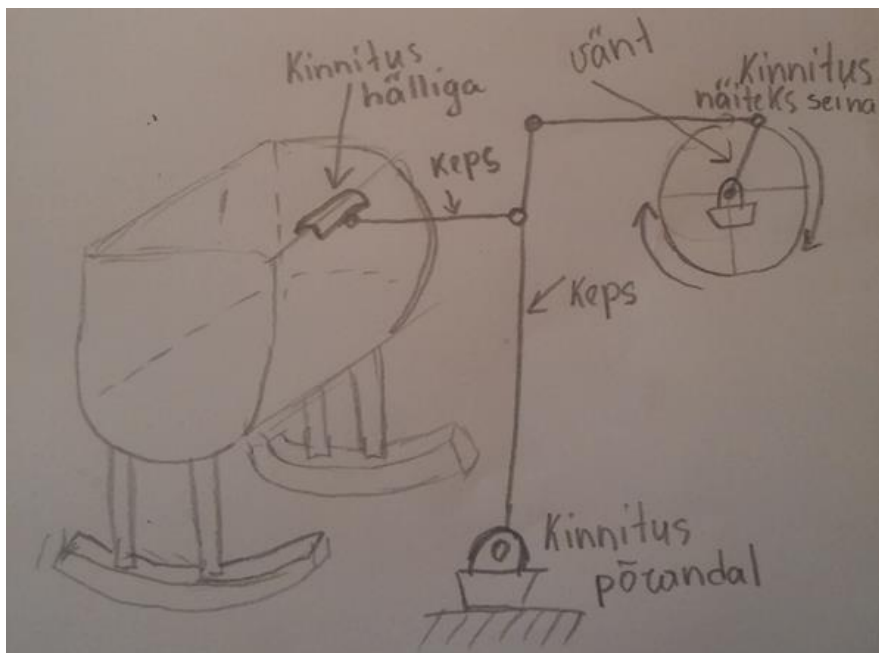
Tavaliselt kasutatakse robotitehnikas.



Sele 16. Vântmehhanismi skeem [15].

Selle mehhanismi dünaamika arvutus on analoogne arvutusega hammaslatt süsteemi mehhanismi järgi.

### 5.1.5. Kuidas vântmehhanism on võimalik kasutada hälliga



Sele 17. Vântmehhanism eskiis koos hälliga

Peavânt teeb täispöörde. Horisontaalselt asetsev keps teeb lameparalleelseid liigutusi ja vertikaalselt asetsev keps – võnkuvaid liigutusi. Reaalses olukorras saab selline mehhanism samuti töötada ainult ajamiga, mis keegi kodus ei taha kasutada. Keps kinnitatakse põrandale ja hälli küljele, paigaldamine ja kinnitamine on ebamugav. Veel on miinuseks see, et

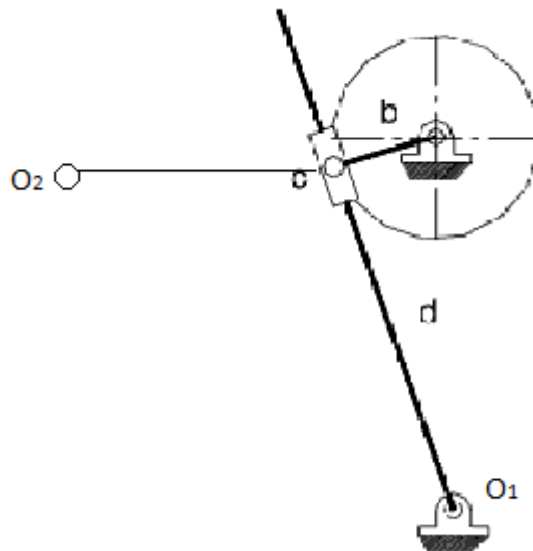
niisuguses mehhanismides on palju lülisid – viis tükki, mis töötamisel tekitavad müra, mis on kahjulik lapsele. Autori arvates on sama ebasoovitav kinnitada mehhanismi hälli korvi külge.

### 5.1.6. Kulissmehhanism

Kulissmehhanism — kangmehhanism, mis muundab pöör- või kiikumisliikumise pöördkulgliikumiseks ja vastupidi. Liikumise tüüpi eristab kuliss: pöörlevad, kiikuvad ja sirgjoonelised liikumised. [16].

Seletus joonisele.

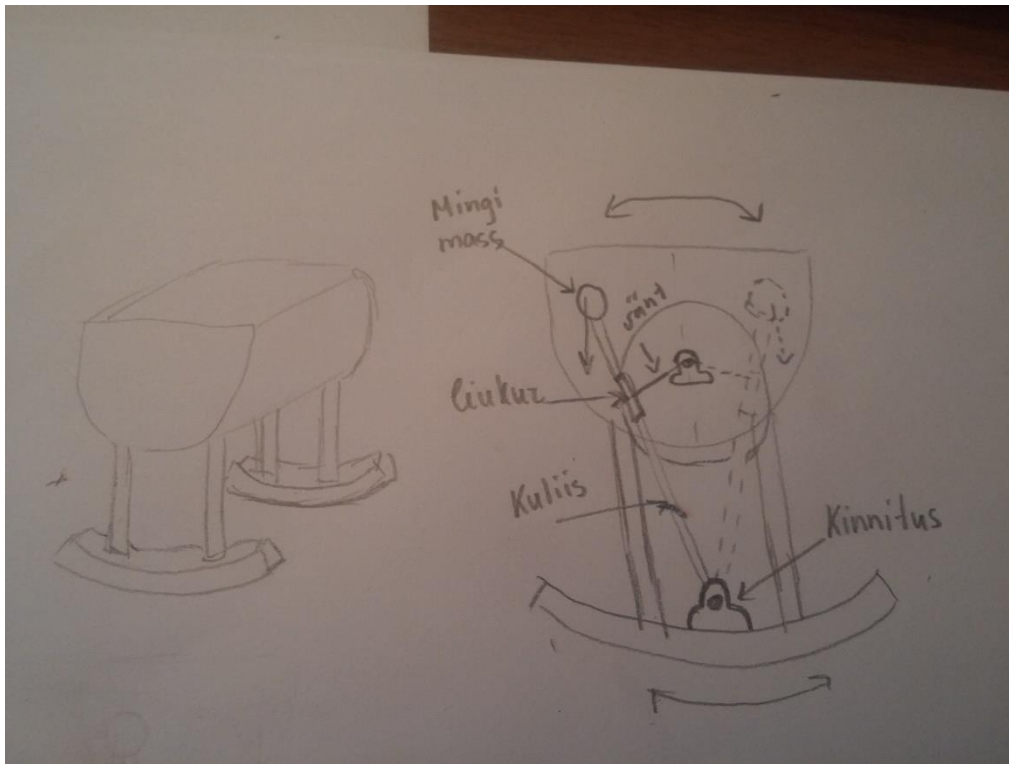
Pööreldes kang (b) paneb pöörlema kangi (d) läbi liuguri (c). See on kiire pöördkulgliikumine, kus ühes suunas pöörleva kangi (b) nurk, eeldame allapoole, on suurem kui nurk mis põhjustab süsteemi liikumise [15].



Sele 18. Kulissmehhanismi skeem [15].

Selle mehhanismi dünaamika arvutus on analoogne arvutusega hammaslatt süsteemi mehhanismi järgi.

### 5.1.7. Kuidas kulissmehhanism on võimalik kasutada hälliga



Sele 19. Kulissmehhanismi eskiis koos hälliga

See mehhanism paigaldatakse hälli pendlile ja korvile, milles magab laps. Teatud massi toimeel sooritab see mehhanism võnkuvaid liigutusi, mille trajektoor on kujutatud sele 16. Juhtivaks lüliks on peavänt, mis sooritab pöördliikumist. Liugur liikudes mööda kulissi teeb edasi-tagasi liigutusi ja kuliss võnkuvaid liigutusi. Kulissi lõpppunkti on rakendatud mass  $M$ , mis täidab füüsilise pendli ülesannet. Samuti ei ole vahetult hälli korvile paigaldatav mehhanism lapsele ohutu. See tekitab väikest vibratsiooni ja pidevat müra. Aga selle mehhanismiga on juba võimalik saada pikema perioodiga võnkumist. Aga sellega mehhanismiga on juba võimalik saada pika perioodiga võnkumist. Siin on vähem rangemad piirangud ajamile. Antud mehhanism võiks sobida kiikuva mehhanismiga hällile aga parem on ikkagi variant vedruga

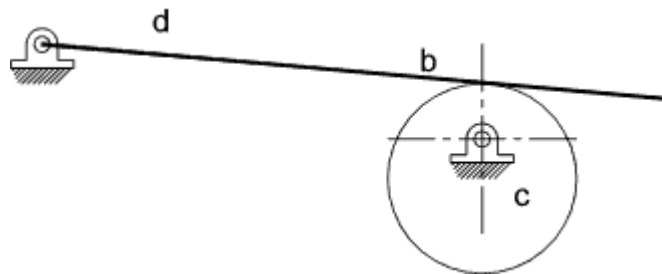


### 5.1.8. Nukkmehhanism

**Nukkmehhanism** — muundav mehhanism, mis muudab liikumise kulgu. Masinaehituses on väga levinud mehhanismid, mis muundavad pöördliikumise edasi-tagasi kiikumiseks. Nukkmehhanismid, nagu ka teised mehhanismi tüübid jaotatakse nii sirgpinnalisteks kui ka ruumilisteks [17].

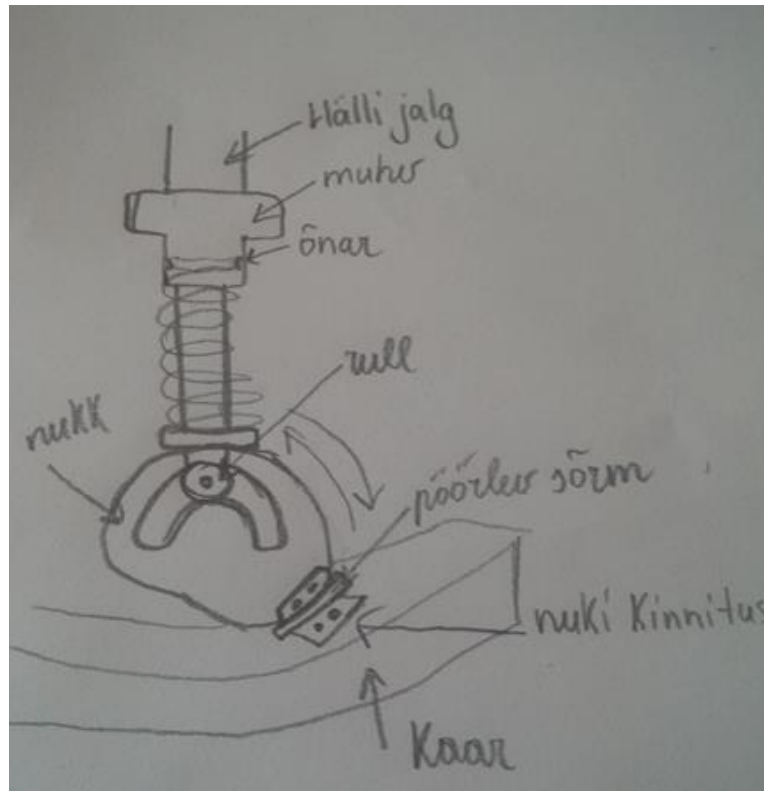
Seletus joonisele.

All pool on illustreeriv skeem. Pööreldes mõjutab nukkk (c) kangi (b), mis paneb töötama mehhanismi (d) – antud juhul hälli. Pilt näitab mehhanismi töö põhimõtet. Praktikas on süsteemi töötamise tagamiseks vajalik välisjõud, mis paneb kogu mehhanismi tööle [15].



Sele 20. Nukkmehhanismi skeem [15].

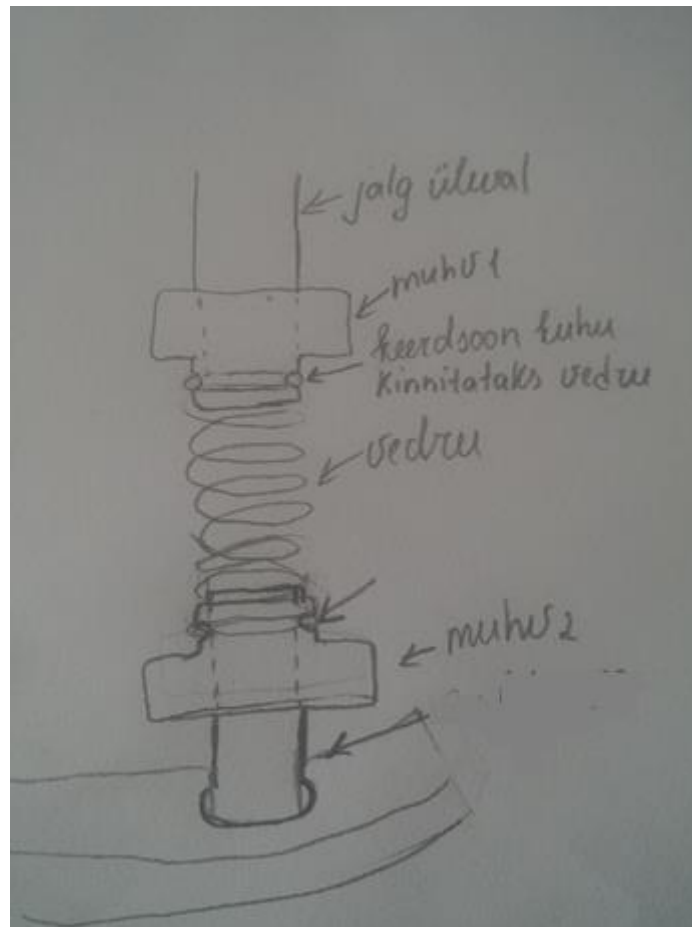
### 5.1.9. Kuidas nukkmehhanism on võimalik kasutada hälliga



Sele 21. Nukkmehhanismi eskiis hälli jalas

See mehhanism saab töötada ilma ajamita ja elektrita. Nukkmehhanism seisneb nukist ja vedrutõukurist. Vedru potentsiaalne energia saab anda vabad võnkumised. Selleks, et saada sunnitud harmoonilisi võnkumisi on vaja välisjõudu (näiteks käega). See mehhanism võiks sobida, aga see on küllaltki raske paigaldada hälli, et nukk töötaks õigesti.

## 6. VALITUD VEDRUMEHCHANISM



Sele 22. Vedrumehhanismi eskiis hälli jalas

Mehhanism kujutab ennast vedru mis on kinnitatud kahe muhvi vahel. Vedru rõng kinnitatakse muhvi keerdsõonis. Ülemine muhv keeretakse sisse jalga peale. Teine muhvu on kinnitatud kaare peal boltiga. Kaarel on vaja teha ava, et oleks võimalik muhvi poltiga kinnitada vajalikus kohas. See on küllaltki lihte ja odav mehhanism. Mis soodustab hälli võnkumistele nii küljelt küljele kui ka üles alla. Vedrud annavad hällile sellised amortiseerivad omadused, mis lastele rõõmu valmistavad.

### 6.1. Vedrudele esitatavad üldnõuded

Vedrusid kasutatakse väga mitmesugustes tehnilistes konstruktsioonides, kus neil tuleb näita küllalt erinevad ülesandeid. Näiteks:

- Tagada pidev detailivaheline kontakt. Sel eesmärgil kasutatakse vedruseibe poltliidetel.
- Pärast välisjõu lakkamist viia detail algasendisse tagasi. Seda ülesannet täidab näiteks sulgur. Sama ülesannet täidavad vedrud ka hälli vedrutavuses.

- Energia akumulatsioon seadme töövalmiduse olukorda seadmisel. Sel põhimõttel töötab näiteks hiirelõks.
- Rõhumuutustele reageerimine rõhumõõteristades. Sel eesmärgil kasutatakse toruvedrusid ja elastseid membraane tundlike elementidena manomeetrites.
- Löögi leevendamine kehade omavahelisel kokkupõrkel. Sellisel juhul on esikohal vedrutavuse efekti saavutamine.

Kõigi loetletud erinevuste taustal võib aga näha ka midagi ühist. Formaalselt on kõigi ülalnimetatud funktsioonide täitjaks detail, mille üldnimetuseks on vedru. On saanud tavaks laia kasutusalaaga tüüpilisi detaile nimetada masinaelementideks. Seetõttu on ka vedru üks tüüpiliste omadustega masinaelement. Võrreldes kõigi teiste masinaelementidega on vedrude tüüpiliseks omapäraks nende suhteliselt suur elastsus.

Elastsuse all mõistetakse:

- Märgatava deformatsiooni tekkimist välisjõu toimet ilma et detail seejuures puruneks või saaks kahjustatud.
- Esialgse kuju tagasivõtmist pärast välisjõu lakkamist.

Et mõista vedrude kujundamisel rakendatud tehnilise mõtte osatähtsust, tasuks siinkohal teha kõrvalepõige looduse, kuna samuti näeme elastsusnähte. Väga ilmekalt demonstreerivad seda puude oksad ja tüved. Tugevate tuulepuhangute ajal muudavad nad oluliselt oma asendit, mis pärast tuule vaibumist taastub.

Tegelikult tekivad deformatsioonid nii looduses kui ka kõikides inimeste loodud konstruktsioonides, kuid nende ulatus jääb tavalisele silmale märkamatuks. Seepärast arvatakse tihti ekslikult, et enamik tehnilisi konstruktsioone on absoluutselt *jäigad*, st ei deformeeru üldse.

Ka vedrude iseloomustamiseks kasutatakse tihti mõistet jäikus.

Kui jõud  $F$  kutsus esile vedru pikkuse muutuse  $\Delta l$ , siis võib seda matemaatiliselt kirjeldada seosega:

$$F = K \cdot \Delta l \quad (6.1)$$

kus  $K$  on võrdetegur, mis iga vedru jaoks omab mingit kindlat, talle omast väärtust. See leitakse katseliselt ka see ongi *vedru jäikus*. Tema ühik oleneb sellest, millistes ühikutes mõõdame jõudu ja pikkuse muutust. Kui jõudu mõõta njuutonites ja pikkust meetrites, siis kujuneb jäikuse ühikuks N/m. Kui aga pikkust mõõta mm-s, siis kujuneb jäikuse ühikuks N/mm.

Suhteliselt on jäikus elastsuse pöördmõiste, sest ta väljendab vedru võimet välisjõu toimele vastu seista. Mida jäigem on vedru ( mida suurem  $K$  ) seda vähem vedru deformeerub ( seda väiksem on  $\Delta l$  ) sama välisjõu korral.

Kui võrrelda mõistet jäikus mõistega elastsus, siis on selle ulatus veidi kitsam. Ta ei ütle midagi vedru teise olulise omaduse kohta – võtta tagasi pärast välisjõu lakkamist oma esialgne kuju.

Ülaltoodust järeldub, et vedru mõiste tähendab märgatava deformatsiooni ehk siirde olemasolu välisjõudude rakendumise korral. Samal ajal peab vedru kui masinaelement olema küllaldaselt tugev. See tähendab, et ta ei tohi puruneda ega kahjustada nende deformatsioonide tekke tagajärjel [18].

## **6.2. Vedru jäikuse arvutused**

Häll peab tegema väikseid vabavõnkumisi ja kergeid vertikaalseid liikumisi. On teada hälli mass nii lapsega kui lapseta. Kaugused hälli raskuskeskmest (koos jalgadega kuni vedrudeni) kuni vertikaalsete tasapindadeni läbi telje vedru  $l_1 = l_2 = l_3$

Selle hälli osa inertsimoment koos lapsega suhtelise kesktelje suhtes paralleelselt põrandaga

Tabel 3. Arvutusteks vajalikud andmed

№	Suuruse nimetus	Tingmärk	Väärtus
1	pikkus	L, mm	870
2	laius	d, mm	470
3	Hälli mass koos lapsega	m, kg	12,2
4	Seinte ja põhja paksus	l – l <sub>1</sub> , mm	5
5	Kaugus massikesksest kuni vedrudeni	l, mm	350

Hälli matemaatiline mudel – õõnessilinder.

Inertsimoment antud valitud telje kohta:

$$J_{cy} = \left(\frac{1}{2}\right) m (l^2 + l_1^2) \quad (6.2)$$

$J_{cy}$  – hälli inertsimoment

Iga vedru jäikus on tundmatu. Hakkame valima vedru tugevust nõutava võnkumise perioodi saamiseks.

Lahendus:

Hälli väikeseid vabavõnkumisi koos jalgadega z telje suunas iseloomustab võrrand:

$$z = f_1(t), \quad (6.3)$$

aga väiksemad vabad kiikumisevõnked võrrandiga:

$$\varphi = f_2(t), \quad (6.4)$$

kus z ja  $\varphi$  – üldistatud hälli liikumiskoordinaadid koos lapsega.

Lahendame Lagranz'i võrrandite abil. Seepärast valisime üldistatud koordinaadid, mis kindlasti määravad keha asukoha igal ajal [19].

Kineetiline energia hälli osas koos jalgadega kuni vedrudeni määratakse valemiga:

Tahke keha kineetiline energia tasapinna liikumises:

$$E_k = \left(\frac{1}{2}\right) m v_c^2 + \left(\frac{1}{2}\right) J_{cy} \omega^2 \quad (6.5)$$

Kus,

$v_c$  – keskmassi kiirus

$J$  – õõnessilindri inertsimoment paralleeli moodustaja telje suhtes

$m$  – hälli mass koos lapsega

$v_c$  – esimene tuletis  $\dot{z}$  koordinaadi järgi

$\omega$  – esimene tuletis  $\dot{\varphi}$  (kiikumisnurga järgi), siis

$$E_k = \left(\frac{1}{2}\right) (m \dot{z}^2 + J_{cy} \dot{\varphi}^2) \quad (6.6)$$

Hälli potentsiaalne energia koos lapsega ja jalgadega kuni vedrudeni määrati kui selle keha potentsiaalse energia summa raskusjõu väljas  $E_{p1}$  ja potentsiaalne energia deformeeritud vedrul  $E_{p2}$

$$E_p = E_{p1} + E_{p2} \quad (6.7)$$

Kus,

$E_p$  – potentsiaalne energia

$E_{p1}$  – potentsiaalne energia raskusjõu väljas

$E_{p2}$  – potentsiaalne energia deformeeritud vedrul

$$E_{p1} = -mgz$$

$$E_{p2} = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot 2k (z + l \cdot \varphi + f_{st})^2 - \left(\frac{1}{2}\right) 2k f_{st}^2 + \left(\frac{1}{2}\right) 2k (z - l\varphi + f_{st})^2 - \left(\frac{1}{2}\right) 2k f_{st}^2 = 2k (z^2 + l^2 \varphi^2 + 2z f_{st}) \quad (6.8)$$

Kus,

$k$  – vedru jäikus

$z$  – telje piki nihke

$f_{st}$  – staatiline nihke

Sellepärast:

$$E_p = -mgz + 2kz^2 + 2kl^2 \varphi^2 + 4kf_{st}z \quad (6.9)$$

$$\left(\frac{\partial E_p}{\partial z}\right) = 0 \quad (6.10)$$

$$-mg + 2k \cdot 2z + 4kf_{st} = 0 \Rightarrow -mg + 4k \cdot f_{st} = 0 \quad (6.11)$$

$$E_p = 2kz^2 + 2kl^2 \varphi^2 \quad (6.12)$$

Teist tüüpi Lagranz'i võrrand (kahe üldistatud potentsiaalse ja kineetilise energia koordinaadid) mehhaanilise süsteemi läbivaatamiseks on järgmised [19]:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial E_k}{\partial t} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial t} = - \frac{\partial E_p}{\partial t} \quad (6.13)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial E_k}{\partial \varphi} \right) - \frac{\partial \dot{E}_k}{\partial \varphi} = - \frac{\partial E_p}{\partial \varphi} \quad (6.14)$$

Leiame tuletise väärtuse:

$$E_k = \frac{1}{2} (m\dot{z}^2 + J_{cy}\dot{\varphi}^2) \Rightarrow \quad (6.15)$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial \dot{z}} = \frac{1}{2} m \cdot 2\dot{z} \Rightarrow \quad (6.16)$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial z} = m\dot{z} = 0 \quad (6.17)$$

$$E_p = 2kz^2 + 2kl^2 \varphi^2 \Rightarrow \quad (6.18)$$

$$\frac{\partial E_p}{\partial z} = 2k \cdot 2z = 4kz \quad (6.19)$$

Paneme need väärtused võrrandisse

$$\frac{d}{dt} (m\dot{z}) = m\ddot{z} \quad (6.20)$$

$$1)m\ddot{z} - 0 = -4kz \quad (6.21)$$

$$2)J_{cy}\ddot{\varphi} = -4kl^2 \varphi \quad (6.22)$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial \dot{\varphi}} = \frac{1}{2} J_{cy} \cdot 2\dot{\varphi} = J_{cy} \dot{\varphi} \quad (6.23)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (J_{cy} \dot{\varphi}) = J_{cy} \ddot{\varphi} \quad (6.24)$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial \varphi} = 0 \quad (6.25)$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial \varphi} = 2kl^2 \cdot 2\varphi = 4kl^2 \varphi \quad (6.26)$$



Saame võrrandid:

$$m\ddot{z} = -4kz \quad | : m = > \ddot{z} + \left(\frac{4k}{m}\right) \cdot z = 0 - \text{hüppe} \quad (6.27)$$

$$J_{cy}\ddot{\varphi} = -4kl^2\varphi \quad | : J_{cy} = > \ddot{\varphi} + \left(\frac{4kl^2}{J_{cy}}\right)\varphi = 0 - \text{võnge} \quad (6.28)$$

Need diferentsiaalvõrrandid kujutavad endast kahe iseseisva sirgjoonelise diferentsiaali teise järgu võrrandit. Igas võrrandis on üks tundmatu muutuja.

Esimese võrrandi lahendus:

$$z = C_1 \sin\left(\sqrt{\frac{4k}{m}} t + \alpha_1\right) \quad (6.29)$$

kus,

$$\alpha_1 = \text{algfaas}$$

$C_1$  – konstant

$$0 = c_1 \sin\left(\sqrt{\frac{4k}{m}} \cdot 0 + \alpha_1\right) \quad (6.30)$$

$$\sqrt{\frac{4k}{m}} \cdot t = wt \quad (6.31)$$

$$0 = c_1 \sin \alpha_1 \quad (6.32)$$

kus,

w – nurksagedus

$\alpha_1$  - algfaas

$C_1$  – konstant

Teise võrrandi lahendus:

$$\varphi = c_2 \sin\left(\sqrt{\frac{4kl^2}{J_{cy}}} t + \alpha_1\right) \quad (6.33)$$

kus,

$$t = 0 \text{ s}$$

$$z = 0 \text{ m}$$

Valitud algtingimused

$$\varphi = 0,09 \text{ rad } (5^\circ)$$

$$0,09 \text{ rad} = C_2$$

Harmoonilised võnkumised toimuvad siinus- ja koosinusseaduse järgi. Kui aega algmomendil  $z_0 = 0$  ja  $\varphi_0 = 0$ , siis  $\alpha_1 = \alpha_2$

$$0,09 \text{ rad} = c_2 \sin\left(\sqrt{\frac{4kl^2}{J_{cy}}} t\right) = 0,09 \sin\left(\sqrt{\frac{4kl^2}{J_{cy}}} t\right) \quad (6.34)$$

$$\left(\frac{4kl^2}{J_{cy}}\right) = w_\varphi^2 \quad (6.35)$$

kus,

$w$  – nurksagedus

Pärast tehtud eksperimenti sai autor 7 samad võnkumised 14 minuti jooksul (manuaalselt, koos lapse kaaluga 4,2 kg)

$$T = \frac{14}{7} = 2 \text{ s} \quad (6.36)$$

$$\sqrt{\frac{4kl^2}{J_{cy}}} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \sqrt{\frac{4kl^2}{J_{cy}}} = \pi \Rightarrow k = \sqrt{\frac{4\pi^2}{J_{cy}}} \quad (6.37)$$

$$w = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \cdot 3,14 \text{ rad}}{7 \text{ sek}} = 0,9 \text{ rad/s} \Rightarrow \quad (6.38)$$

$$w = 0,9 \text{ rad/s}$$

$$k = \frac{J_{cy} \cdot 4\pi^2}{T^2 \cdot 4l^2} \quad (6.39)$$

$$k = \frac{J_{cy} \cdot 3,14^2}{2^2 \cdot 4 \cdot 0,35^2}$$

$J_{cy}$  – õõnessilinder

$$J_{cy} = \left(\frac{1}{2}\right) m \cdot (R_1^2 + R_2^2) = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot (2,5 + 4,2) \cdot (0,47^2 + 0,645^2) = 3,35 \cdot (0,2209 + 0,416) = 2,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (6.40)$$

$$k_1 = \frac{2,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^3 \cdot 4 \cdot 3,14^2}{4 \cdot 4 \cdot 0,35^2} = \frac{82,8}{1,96} = 42 \text{ N/m} \quad (\text{esimese vedru jäikus – põigivate harmooniliste võnkumiste jaoks}) \quad (6.41)$$

Kokku meile on vaja 4 vedrud igale hälli jalale

$$z = c_1 \sin\left(\sqrt{\frac{4k}{m}} t + 0\right) \quad (6.42)$$

$$\sqrt{\frac{4k}{m}} = \frac{2\pi}{2 \text{ sek}} = \sqrt{\frac{4k}{m}} = 3,14 \text{ rad/s} \quad (6.43)$$

$$\frac{4k}{m} = 3,14^2 (\text{rad/s})^2 \quad (6.44)$$

$$k_2 = \frac{3,14^2 \cdot m}{4} \quad (6.45)$$

$$k_2 = \frac{66,1}{4} = \mathbf{16,5 \text{ N/m}} \text{ -(teise vedru jäikus –pikisuunaliste harmooniliste} \quad (6.48)$$

võnkumiste jaoks).

Kuna hällisse on vaja panda 4 samasugust vedru, igala jalale, siis on vaja valida ühe arvutatud vedru jäikust. Oli otsustatud, et sobib vedru jäikusega 42 N/m

### 6.3. Vedru valik

$l = 0,35 \text{ m}$  (kaugus massikeskmest kuni vedrudeni)

$$h = l \cdot \varphi (\text{rad}) = \frac{10 \cdot 3,14}{180} \text{ rad} \cdot 0,35 = 0,06 \text{ m} \text{ - (vedru töökäik)} \quad (6.49)$$

Vedru suhteline inerts lõtk:

$\partial = 0,1$  – sain käsiraamatust („Konstruktor-masinaehitaja käsiraamat“, köide 3.)

$\partial$  – survevedru suhteline inertsvahemik. Laiendusvedru jaoks on piiriks suurim deformatsioon.

$$\partial = 1 - \frac{P_2}{P_3} \quad (6.50)$$

$P_3$  - võtame tabelist, võtame tabelist, see on vedru võimaliku koormusjõu väärtus

$$k_l = \frac{P_2 - P_1}{h} \quad (6.51)$$

kuna ei ole ettenähtud vedru eelnevat koormamist, siis  $P_1 = 0 \text{ N}$

$$k_l = \frac{P_2}{h} \quad (6.52)$$

On vaja  $P_2$  väljendada  $P_3$  kaudu.  $P_3$  – vedru suurim koormamisjõud. Selle jõu väärtuse määrab vedru tüüp.

$$\frac{P_2}{P_3} = 1 - \partial \Rightarrow P_2 = (P_3 \cdot (1 - \partial)) \quad (6.53)$$

$$k_1 = \frac{P_3 \cdot (1 - \partial)}{h} = \frac{P_3 (1 - 0,1)}{0,06} \Rightarrow 42 = \frac{0,9 \cdot P_3}{0,06} = P_3 = \frac{42}{0,9} = 46,7 \text{ N} = \mathbf{4,67 \text{ kgf}} \quad (6.54)$$

Saadud jäikuse järgi valisin mehhaanikute käsiraamatust vedru. See on silindriline surve- ja laiendusvedru.

Käsiraamatust valitud surve- ja laiendusvedru. Mõõtühikud tabeliväärtustele [20]

Tabel 4. Surve- ja laiendusvedru.

Vedru number	Vedru jõud $P_3$ suurimal deformatsioonil kgf	Traadi diameeter, mm	Vedru väline diameeter, mm	Ühe keeru jäikus $k_1$ , kgf/mm	Ühe keeru suurim paine, mm
69	<b>0,280</b>	0,8	32	0,231	1,212

$$0,09 \sin \left( \sqrt{\frac{4 \cdot 42 \cdot 0,35^2}{2,1}} \cdot t \right) = 0,09 \sin 3t \quad (6.55)$$

Tuletame meelde, et valem (3) väljendab – loomulikku ideaalset võnkumist, mis reaalsuses kustub hõõrdumise tõttu. Niisugused vabad mittekustuvad vabavõnkumised on olemas vaid teoreetiliselt, praktikas nad kustuvad hõõrdejõu tõttu [20].

$$\varphi = \ddot{\varphi} + \frac{4kl^2}{J_{cy}} \varphi = 0 \quad (6.56)$$

## 6.4. Sumbuvad võnkumised

Reaalsele vedrumehhanismile mõjuvad hõõrdejõud, sellepärast on vaja vaadelda mitte vabavõnkumisi, vaid sumbuvaid.

$$\ddot{\varphi} + \frac{4kl^2}{J_{cy}} \varphi = F_h \quad (6.57)$$

Kus

$F_h$  – hõõrdejõud

$$F_h = \alpha \cdot v \quad (6.58)$$

Kus,

$\alpha$  – võrdetegur

$v$  – liikumise keha hõõrdejõu piki joonkiirus

Võrrandi (6.56) lahendiks on

$$\varphi = 0,09 \sin 3t \quad (6.59)$$

Võrrandi (4.57) lahendiks on

$$\varphi = 0,09 \cdot e^{\beta t} \sin(\omega t) \quad (6.60)$$

Kus,

$\beta$  – sumbumise tegur

$$\beta = \frac{\alpha}{2m} \quad (6.61)$$

$m$  – liikumise keha mass

$\varphi = 0$  rad – algtingimuse järgi

$$\varphi = 0,09 \cdot e^{\beta t} \sin(\omega t) \quad (6.62)$$

Kus,

$\omega$  – hõõrdejõu nurksagedus

## 6.5. Vedru pikkus

Leiame vedru pikkuse väärtus [20].

Kuna,  $P_3 = 0,280$  kgf, siis

$$F_3 = \frac{P_3}{k} = \frac{2,8 \text{ N}}{42 \text{ N/m}} = 0,06 \text{ m} - \text{ suurim deformatsioon surve- ja laiendusvedru} \quad (6.63)$$

katsetamisel.

Vedru pikkus vabas olekus –  $H_0$ , mm

$$H_0 = H_3 + F_3 \quad (6.64)$$

$H_3$  – vedru pikkus suurima deformatsiooni korral

$$H_3 = (n_1 + 1 - n_3)d \quad (6.65)$$

$n_1$  – vedru täiskeerdude arv (8 keerdu)

$n_3$  – lihvitud keerdude arv (2 tk)

$$H_3 = [n \cdot (8 + 1 - 2)] \cdot d = 7 \cdot 0,40 \cdot 10^{-3} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad (6.66)$$

$$H_0 = 2,8 \cdot 10^{-3} + 0,06 = 0,0028 + 0,06 = 0,0628 \text{ m} = 6,28 \text{ sm} \quad (6.67)$$

Saime, et vedru pikkus vabas olekus on võrdne 6,28 sm

## 7. ELEKTROMAGNETI ARVUTUS

Teiseks hälli kiigutamise variandiks sai elektromagnet. Kuid võnkuvateks liigutusteks ei piisa ühest magnetist, kuna magnetist väljunud ankur tõmbab külge hälli ja see jääbki ühe poole külge. Selleks, et häll saaks tagasi kiikuda on vaja jõudu, mis võiks nõrgendada magneti külgetõmbejõudu. Selleks on meile vaja LOGO kontrollerit, mis hakkab ise magnetit sisse ja välja lülitama vajalike intervallidega (antud juhul on üks täisvõnge võrdne 2 sekundiga. Poolvõnkeks, st hälli kaldele ühele poolele kulub 1 sekund).

Samuti on elektromagnetilisele seadmele vajalik relee ja magneti sisselülitamise nupp.

### 7.1. Valitud elektromagneti tüüp

Magnetvoo tekitamise tüübi järgi eristatakse kolme tüüpi elektromagneteid:

1. Neutraalsed alalisvoolu elektromagnetid;
2. Polariseeritud alalisvoolu elektromagnetid;
3. Vahelduvvoolu elektromagnetid.

Hälli kiigutamiseks sobib vahelduvvoolu elektromagnet.

Nendes magnetites toimub mähise toide vahelduvvooluallikast, magnetvoog muudab perioodiliselt nii oma suunda kui ka suurust, ühesuunaline tõmbejõud muutub vaid suuruse poolest, mille tulemusel tõmbejõud muutub alates nullist kuni maksimaalse väärtuseni kahekordse sagedusega toitevoolu sageduse suhtes.

Vahelduvvoolu elektromagneteid kasutatakse laialdaselt elektrotehnikas, alates olmetehnikast kuni tööpinkide elektromagnetiliste pliitideni magnetpulbrilise mittepurustava kontrolli meetodi korral.

Elektromagneteid eristatakse ka mitme teise tunnuse järgi: mähiste sisselülitamise viisi järgi – rööpsete või jadamisi ühendatud mähistega; töö iseloomu järgi – pikaajaline, vahelduv ja lühiajaline; rakendumise kiiruse järgi – kiiresti või aeglaselt rakenduvad; püsivat või vahelduvat magnetvälja tekitavad jne. [21].

### 7.2. Elektromagneti ehitus

Samas kogu praktikas esinevate elektromagnetite mitmekesisuse juures koosnevad nad põhilistest ühesuguse otstarbega osadest. Need on: pool, millel asub magnetiseeruv mähis (võib olla mitu pooli ja mitu mähist), magnetahela ferromagnetilisest materjalist liikumatu osa (ike ja

südamik) ja magnetahela liikuv osa (ankur). Mõningatel juhtudel koosneb magnetahela liikumatu osa mitmest detailist (alus, korpus, äärikud jne).

Ankrut eraldavad magnetahela ülejäänud osadest õhupilud ja nad kujutavad endast elektromagneti osa, mis võttes vastu elektromagnetilise jõu annavad selle üle käivitatava mehhanismi vastavatele detailidele.

Magnetahela liikumatut ja liikuvat osa eraldavate õhupilude arv ja kuju sõltub elektromagneti ehitusest. Õhupilusid, milles tekib kasulik jõud, nimetatakse tööpiludeks. Õhupilud, milles ei teki jõudusid ankru võimaliku liikumise suunas on parasitpilud.

Magnetahela liikumatu ja liikuva osa välispindasid, mis piiravad tööpilu, nimetatakse poolusteks. [22].

### 7.3. Sunnitud võnkumised hõõrdejõu ja magnetjõu olemasolu korral

Reaalsetes tingimustes võnkuvale hällile mõjuvad liikumist takistavad jõud. Peale taastava jõu mõjub ka takistusjõud, mis on suunatud vastassuunas liikumise suunale. Hällile mõjuv hõõrdejõud on proportsionaalne kõikumise kiirusega. Peale nimetatud jõu mõjub ka hälliv jõud, mis muutub impulsitoime seaduse kohaselt.

Kiikumise nurk hakkab muutuma seaduse järgi:

$$\varphi = 0,09e^{-\frac{\alpha}{2m}(-t+T)} \sin\left(\sqrt{\frac{4kl^2}{J_{cy}} - \left(\frac{\alpha}{2m}\right)^2}(-t+T)\right) + 0,09\delta \quad (7.1)$$

kus  $\frac{\alpha}{2m}$  –sumbumise koefitsient  $\beta$ , T- võnkumiste periood,  $\delta$  – delta-funktsioon, mis on võrdne ühega ajamomendil, mis on võrdne võnkumiste perioodiga. Magnetjõu väärtus, mis täidab taastava jõu rolli, on võrdne.

Väljatöötatud mehhanism töötab seaduse 6.10 järgi, mis koosneb kolmest protsessist:

Vabavõnkumistest sagedusega  $\sqrt{\frac{4kl^2}{J_{cy}}}$ , sumbuvatel võnkumistel sumbumise koefitsiendiga  $\beta$  ja sunnitud võnkumistest sundiva jõu  $0,09\delta$  mõjul. Sundivaks jõuks on magnetjõud  $F_m$ . Magnetjõu peab muutuma  $\delta$  – delta – funktsiooni seaduse kohaselt.

## 7.4. Elektromagneti arvutus

Elektromagneti mähist läbib vahelduvvool. Vahelduv magnetväli tekib vahetult solenoidi pooli see ja selle ümber. See kontuur kinnitatakse hälli liikumatule osale. Selle kontuuri vahelduv magnetväli tekitab elektromotoorjõu teises kontuuris-ankrus, mis on kinnitatud hälli liikuvale osale. Teise kontuuri magnetväli on vastavalt Lensi reeglile suunatud vastupidi esimese magnetvälja jõujoonte suunaga. Teatud tingimustel hakkavad juhid üksteisest eemale tõukuma vajaliku jõuga, mis on võrdne arvutusliku jäikusega vedrude maksimaalse elastsusjõuga. Seda jõudu  $F$  nimetame rõhumisjõuks teisele kontuurile. Arvutame elektromagneti pooli ümber oleva magnetvälja induksiooni.

$$F_m = k_1 \cdot z = 42 \frac{N}{m} \cdot 0,09 m = 3,78 N \quad (7.2)$$

kus,

$k_1$  - vedru jäikus vabade ristvõnkumiste tingimusest (kui muutub nurk  $\varphi$ )

$F_m$  - magnetjõud

$$F = pS = \frac{B^2}{2\mu_0} \cdot S = 42 N \cdot 0,09 m = 3,78 N \quad (7.3)$$

kus ,

$p$  – rõhumisjõud, mis mõjub teise, hälli liikuvale osale kinnitatud, kontuuri pindala ühikule

$S$  – hälli liikuvale osale kinnitatud ankru pindala. Olgu ankru diameeter võrdne 0,03 m, siis on teise kontuuri pindala võrdne:

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4} = 0,0007 m^2 = 7 \cdot 10^{-4} m^2 \quad (7.4)$$

$$3,78 N = \frac{B^2}{2\mu_0} N/m^2 \cdot 0,0007 m^2 \quad (7.5)$$

$$B^2 = \frac{3,78 N \cdot 2\mu_0}{0,0007 m} = \frac{3,78 \cdot 2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{0,0007} = 0,014 T^2 \quad (7.6)$$

$$B = 0,12 T$$

kus  $B$  – südamiku pikkusega, keerdude arvuga ja voolutugevusega määratud magnetinduksioon

Tulemuse hindamiseks võrdleme magnetvälja, mis on võimeline tõstma inimest massiga 90 kg. Magnetvälja induksioon on sellel juhul võrdne 0,15 T. Ankru pindala peab olema võrdne 0,1 m<sup>2</sup>.



Elastsusjõu ületamiseks on vaja jõudu, mis on võrdne 378 g. Samas tuleb liikuma panna häll massiga 12,2 kg (hälli kaal 8 kg + lapse kaal). Kuna keskmiselt kasutatakse hälli 6 kuu vältel, siis on suurim lapse kaal 10 kg. See tähendab kokku 18 kg. Teeme ankru pindala ümberarvutuse.

$$60N = \frac{0,14 \cdot 0,14}{2 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}} \cdot S \quad (7.8)$$

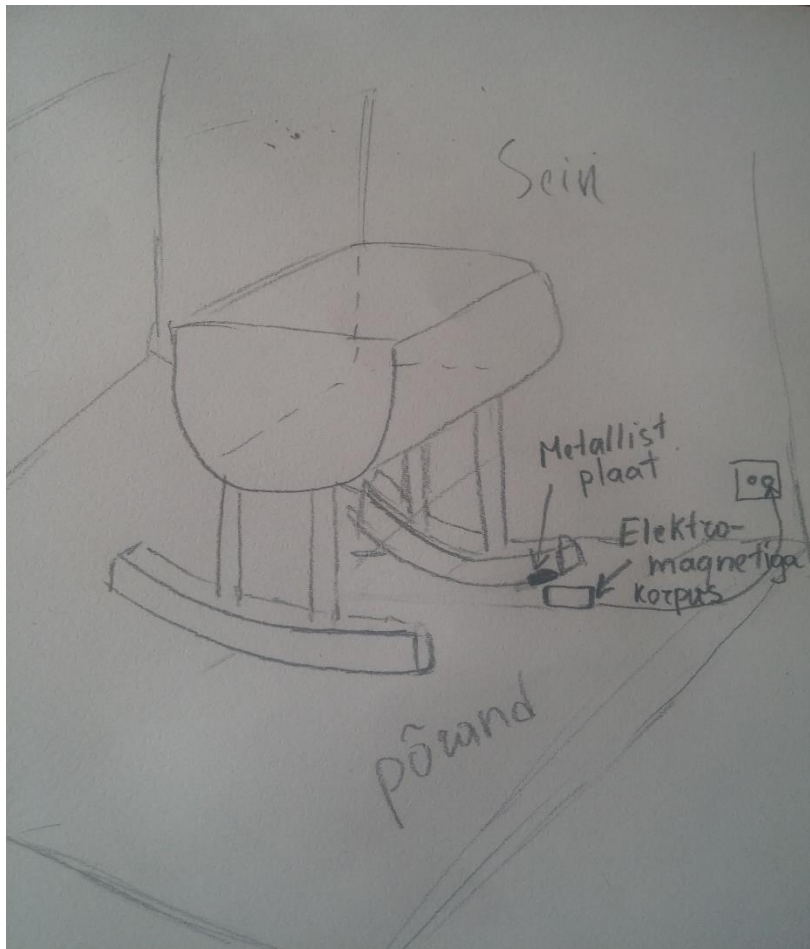
$$S = \frac{60 \cdot 2 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{0,14 \cdot 0,14} = 0,0077m^2 \quad (7.9)$$

$$\frac{\pi d^2}{4} = 0,0077m^2 \quad (7.10)$$

$$d^2 = \frac{0,0077 \cdot 4}{\pi} = 0,0098m^2 \quad (7.11)$$

$$d = 0,099m = 9cm \quad (7.12)$$

## 7.5. Elektromagnetiga mehhanismi töötamise printsiip.



Sele 23. Elektromagnetiga hälli eskiis

Autori plaani kohaselt kinnitatakse pendli alumisele poolele, ainult ühele küljele, metallist plaat. Selle alla paigutatakse valitud korpus elektromagnetiga, LOGO kontrolloriga ja releega. Seade saab toite vahetult vahelduvvooluvõrgust. Mugava kasutamise tagamiseks paigutatakse korpuse ülaossa nupp seadme sisse- ja väljalülitamiseks.

## 7.6. Valitud elektromagnet

Valitud elektromagneti mudel – elektromagnet EM33 - 71111

Hind = 39 eur

Gabariid mõõdud mm – 76x94x140

See magnet on oma omaduste poolest sobiv hälli juhtimissüsteemi jaoks. Ankrü diameetri ja tõmbejõu järgi. hälli kiigutamiseks vajalik arvutuslik tõmbejõud on võrdne 60 N Selle magneti tõmbejõud on võrdne 67 N.



Sele 24. Elektromagnet EM33 – 71111 [19]

Antud elektromagnetid on ettenähtud mitmesuguse tööstusliku otstarbega hüdrauliliste, pneumaatiliste ja teiste täitemehhanismide kaugjuhtimiseks.

Elektromagneteid EM-33 valmistatakse nii tõmbe kui ka tõmbe-tõuke tüüpi [23].

## 7.7. Valitud LOGO kontrolleri

Valitud LOGO kontrolleri mudel – ilma kuvarita loogiline mudel Siemens LOGO 230Rco; 6ED1052-2FB00-0BA6



Sele 25. Valitud Siemens LOGO kontrolleri [24]

- Kompaktne, mugav, säästlik ja universaalne lahendus kõige lihtsamate automaatjuhtimisega seadmete ehitamiseks.
- Hooldamise lihtsus, mugav ja lihtne programmeerimine.
- „Kõik ühes“: integreeritud kuvar ja sõrmistik, programmeeritav loogika, sisseehitatud funktsioonide baasid, sisendid ja väljundid.
- Kuni 200 funktsiooni programmi kohta.
- Programmeerimine sisseehitatud sõrmistiku abil ilma vajaduseta kasutada programmeerimistarkvara (ainult Logo Basic).
- Kirillitsa toetus, teadete vormistamine vene keeles.

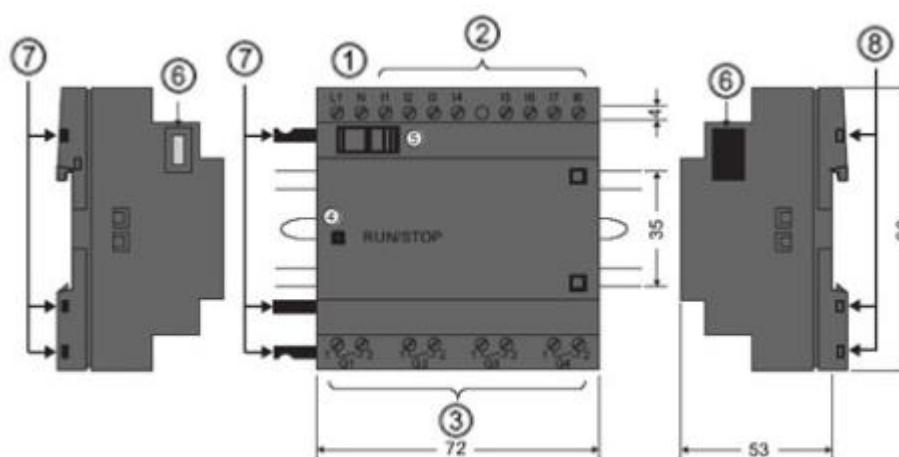
Mõõdud, mm: 72x90x55

Kaugprogrammeerimine ja -diagnostika kasutades tarkvara LOGO Soft Comfort ot V6.0 [20].

Tabel 4. LOGO Soft Comfort tehnilised andmed

Sisendpinge	115 – 240 V vahelduvvool või alalisvool
Lubatud vahemik	85 ... 265 V vahelduvvool 100 ... 253 V alalisvool
Lubatud toitepinge sagedus	47 ... 63 Hz
Digisisendite arv	8
Digiväljundite arv	4

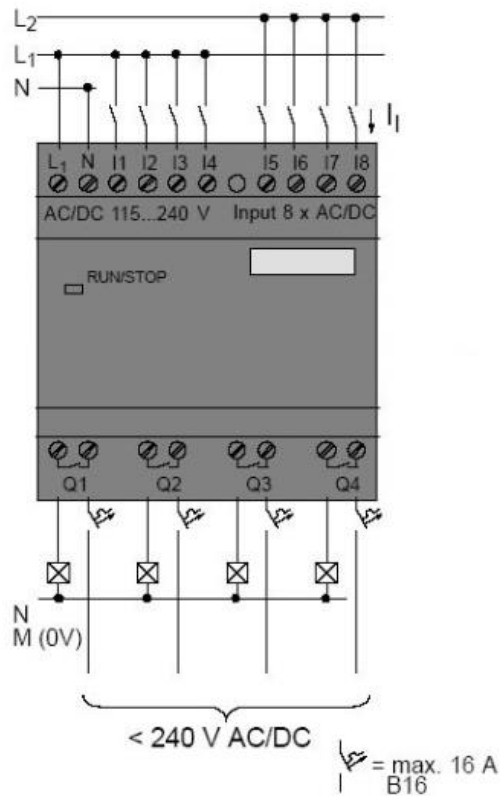
### 7.7.1. Mooduli LOGO! 230RCo ehitus



Sele 26. Valitud mooduli ehitus [24]

1. toiteallikas
2. sisendid
3. Väljundid
4. indikaator Run/Stop
5. riiv
6. laiendusliides
7. mehhaanilise kodeerimise šriftid
8. mehhaanilise kodeerimise pesad [24]

### 7.7.2. Mooduli LOGO! 230RCo ühendamise skeem



Sele 27. Mooduli ühendamise skeem [24].

Komplekti hind = 50 eur [25]

### 7.8. Valitud elektromagnetiline rele

**Relee** – elektriline seade (lülitite), mis on ettenähtud elektriahela mitmesuguste osade sulgemiseks ja avamiseks elektriliste või mitteelektriliste sisendsuuruste etteantud muutuste korral. Releede tüübid võivad erineda juhtsignaali ja selle tüübi poolest. [26].



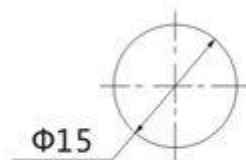
Sele 28. Valitud relee RMP 82P [26]

Relee mõõdud, mm – 28x9,7x15,7 [26]

Relee hind – 5 eur [26]

## 7.9. Valitud nupp

Magneti sisselülitamiseks on vaja panda nuppu. Et sisse ja välja lülitamine oleks lihtne.



PL1604W

Sele 29. Valitud nupp PL1604W [27].

Nupu hind = 0,5 eur

## 7.10. Korpus

Elektromagnet, LOGO kontrolleri ja relee on vaja paigutada ühte korpusesse mugavuseks ja ruumi säästmiseks. Valiti valmiskorpus – Gainta, vajalikke mõõtmeid võib tellida. Korpusesse on vaja teha avad juhtmele ja nupule diameetriga 15 mm.

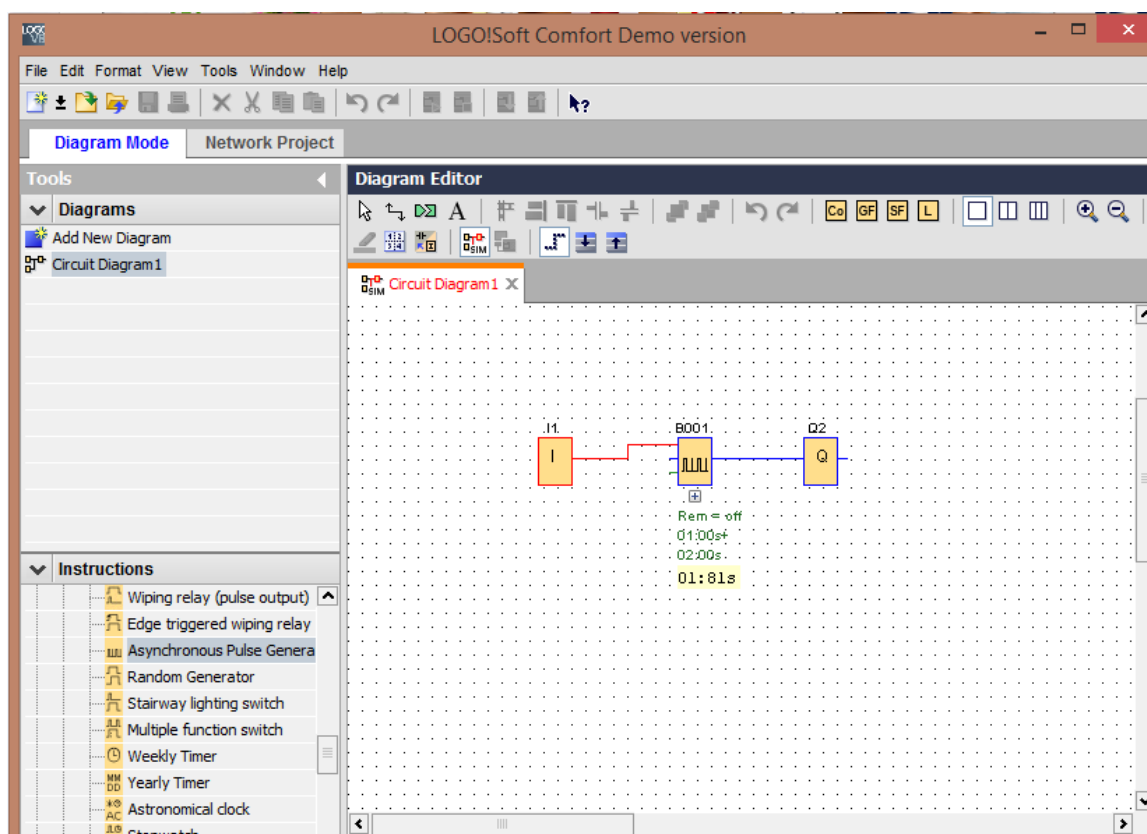


Sele 30. Korpuse näidis [28].

Korpuse hind = 5 eur

Kogu seade hind ( 39 + 50 + 5+ 0,5 + 5 ) = 99,50 eur

## 7.11. Skeem programmis LOGO!Soft Comfort



Sele 31. Katse simulatsioon

Skeemil on nupp → asünkroon impulsite generaator → rele.

Asünkroon impulsite generaator töötab nupu vajutamisest saadud signaalist. Simulatsioonis on nähtav, et üks sekund kestab paus, ja kaks sekundit kestab periood.

Simulatsioonis demonstreeriti hällile mõjuva magnetjõu impulsiseadust.

Impulsside generaatorid võimaldavad ühendada releed elektromagnetiga perioodiga, mis on võrdne hälli omavõnkumiste perioodiga. Sisseehitatud generaatoriga LOGO kontrollerial on 4 digisisendit ja 4 releväljundit. Selle kontrolleri funktsionaalseid võimalusi on rohkem kui vaja, kuid seda saab kasutada ka konstruktsiooni edasiseks täiustamiseks, kuna toitepinge on 220V, siis on ka väljundrele arvestatud sellele pingele. Konstruktsioon viiakse tööseisukorda elektromagnetit, LOGO kontrolleri ja releed sisaldava korpuse esipaneelil asuva nupu vajutusega.

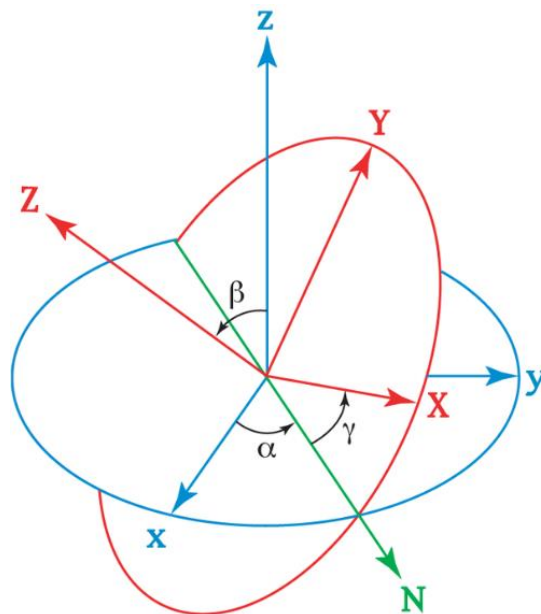


## 8. EKSPERIMENDID

### 8.1. Kasutatud seade manuaalse mõõtmise jaoks

#### CHR – UM6 Ultra Miniature AHRS 22sensor-um6

UM6 seade annab võimaluse teha asendi mõõtmisi kasutades Euleri nurki (Euleri nurgad – nurgad mis kirjeldavad absoluutselt tahke keha pöördeid kolmemõõtmelises euleri ruumis). See tähendab, et UM6 seade mõõdab võnkumisi vertikaalse telje suhtes, horisontaalse telje suhtes ja mõõdab ka üles ja alla toimuvaid võnkumisi [29].



Sele 32. Euleri nurgad [29]

Seade UM6 annab meile võimaluse teada saada nii töödeldud kui ka töötlemata anduri andmed kiirendusandurist, güroskoobist ja magnetandurist. UM6 seadmehel on võimalus töötada koos välismoodulitega – GPS, et saada teavet positsiooni, kursuse ja kiiruse kohta.

On kättesaadav suur instrumentide kogum, et lihtsustada seadistust ja testida UM6 seadet. Sealhulgas on ka seerianumbriga laienduskaart koos aksessuaaridega, mis on vajalikud, et ühendada UM6 seadet arvutiga. Seerianumbriga laienduskaardiga koos CHR Serial interface tarkvaraga (saadaval allalaadimiseks) on võimalik reaajas muuta anduri seadistust ja graafilisi andmeid. On võimalik kalibreerida magnetandurit, et saada parem ja täpsem tulemus.

#### Eelised

- Toetab GPS ühendust

- On võimalik kasutada kodus, kuna seadistus on küllaltki lihtne
- Automaatne kalibreerimine (toimub ainult kasutaja valikul)
- Reguleeritav väljundi suurus (20 Hz – 300 Hz)
- Sisseehitatud programm koos tasuta arendusvahenditega
- Andmeid on võimalik visualiseerida arvutiga, kalibreerida ja konfigureerida andurit

### Omadused

- Väga täpne kaldenurk ja rullumisnurk (täpsem kui 2 astet)
- +5V sisendpinge,
- +/- 2000 °/s maksimaalselt mõõdetav töökiirus
- +/- 2g maksimaalselt mõõdetav kiirendus [29].

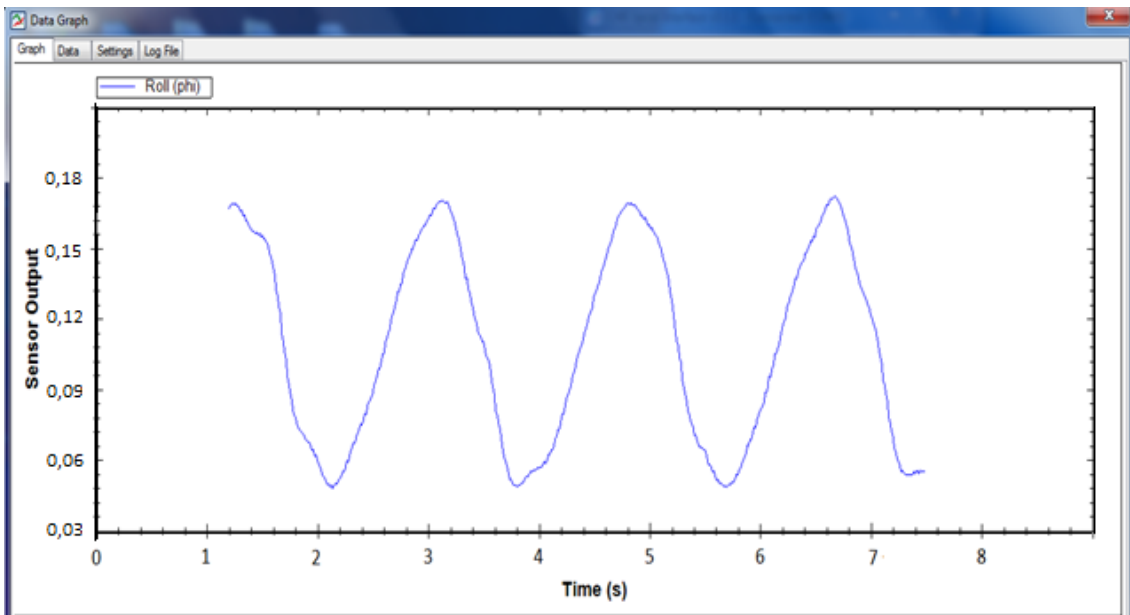


[29].

Sele 33. CHR UM6 Ultra – Miniature AHRS seade

## 8.2. Esimene eksperiment

Autor mõotis hälli võnkumisi koos lapse kaaluga, mis on võrdne neli tuhat kakssada grammi. Võnkumise mõõtmised oli tehtud seadmega CHR – UM6 Ultra Miniature AHRS (orientatsiooni sensor). Seade ühendatakse arvutiga ja saadud andmed salvestatakse kohe programmis CH Robotics Interfaces v 1.0. Programm kohe annab vajliku võnkumis graafiku.

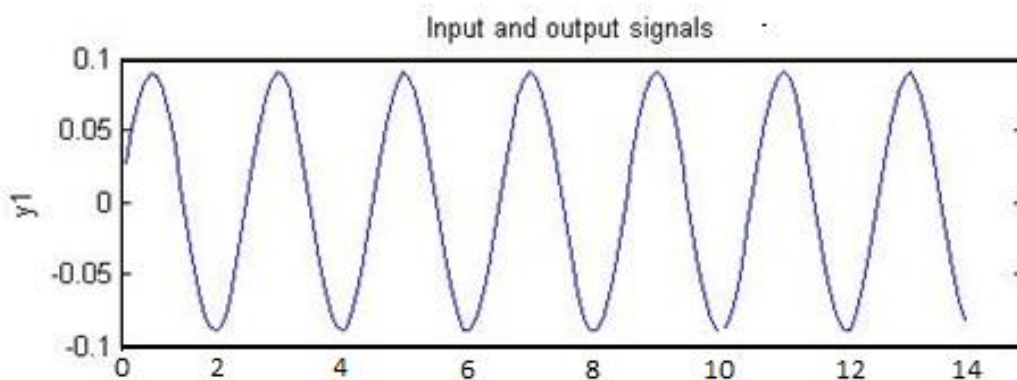


Sele 34. Eksperimendi käigus saadud graafik

Graafikust on näha, et hälli kärsti kiigutamise korral ema poolt, sooritab häll täisvõnke 2 sekundi jooksul. Ligikaudu ühesugused võnked kestavad 7 sekundit, seejärel hakkavad nad tuhmuma.

### 8.3. Teine eksperiment

Punktis 4.4 saadud lahenduste tulemused sisestati programmi Excel, ning seejärel kanti üle programmi *MatLab*. Programm töötles andmed ja koostas hälli võnkumiste graafiku, mis oli saadud peale nukkmehhanismi paigaldamist hälli jalgadesse.



Sele 35. Programmist MatLab saadud graafik, kasutades punkti 4.4 arvutusi.

Saadud graafikust on näha, et see graafik on praktiliselt identne graafikuga, mis oli saadud hälli käsitsi kiigutamise tulemusel. Häll sooritab täisvõnke 2 sekundi jooksul. See tõestab seda, et arvutused olid õiged ja on valitud kõige sobivam mehhanism.

## **9. SEADUSED**

### **Toote ohutuse seadus<sup>1</sup>**

Vastu võetud 24.03.2004

1.peatükk ÜLDSÄTTED

#### **§ 3. Ohutuse kindlaksmääramine**

(1) Toode on ohutu, kui see mõistlikel kasutustingimustel, arvestades kasutusiga ning asjakohastel juhtudel kasutuselevõtu-, paigaldus- ja hooldusnõuete järgimist, tagab inimese ohutuse ja tervise kaitse.

(2) Ohutuse kindlaksmääramisel võetakse arvesse eelkõige järgmised asjaolud:

1) toote omadused, kaasa arvatud koostis, pakend, kokkupaneku juhendid ning asjakohastel juhtudel paigaldamise ja hooldamise juhendid;

2) mõju teisele tootele, kui võib põhjendatult eeldada nende koos kasutamist;

3) toote esitlusviis, märgistus, hoiatused, kasutamise ja hävitamise juhendid ning muu teave;

4) võimalik oht toote kasutamise korral tarbijate riskirühmadele, eriti lastele ja vanuritele.

(3) Toodet ei või pidada ohtlikuks põhjusel, et seda on võimalik ohutumaks teha või mõni sama liiki toode on ohutum.

(4) Ohtlik toode on iga toode, mis ei vasta käesoleva paragrahvi lõigetes 1–3 sätestatule.

(5) Tõsise ohuna käsitatakse tootest tulenevat ohtu, kaasa arvatud ohtu, mille mõju ei ole otsene, mis nõuab turujärelevalveasutuse kiiret sekkumist.

(6) Vabariigi Valitsus või tema volitatud minister võib kehtestada erinevatele toodetele ohutusnõuded ja nendele nõuetele vastavuse tõendamise korra [30].

### **2.Toote nõuetele vastavuse seadus<sup>1</sup>**

Vastu võetud 20.05.2010

RT I 2010, 31, 157

jõustumine 01.10.2010

2. peatükk TOOTELE ESITATAVAD NÕUDED JA ETTEVÕTJA KOHUSTUSED

#### **§ 6. Ohutuse eeldamine ja hindamine**

(1) Toote ohutust tuleb eeldada, kui toode vastab:

1) sellele kohalduva EL ühtlustamise õigusakti nõuetele sellest õigusaktist tulenevate nõuete osas või

2) selle Euroopa Majanduspiirkonna lepinguriigi tervisekaitse- ja ohutusnõuetele, kus toode on turule lastud, kui seda valdkonda ei ole reguleeritud toodet või tooteliiki käsitlevate EL ühtlustamise õigusaktidega ning juhul, kui need nõuded on kooskõlas Euroopa Liidu toimimise lepinguga.

(2) Kui toode vastab käesoleva seaduse § 41 lõikes 1 nimetatud harmoneeritud standardi nõuetele, tuleb toote ohutust eeldada harmoneeritud standardiga kaetud nõuete osas.

(3) Kui käesoleva paragrahvi lõigete 1 ja 2 kohaselt ei ole võimalik toote ohutust eeldada, hinnatakse selle ohutust, arvestades:

1) Eesti standardeiks ülevõetud Euroopa standardiorganisatsioonide standardeid, mis ei ole harmoneeritud standardid;

2) algupäraseid Eesti standardeid;

3) Euroopa Komisjoni soovitusi, milles antakse juhiseid toote ohutuse hindamiseks;

4) konkreetse tööstusharu toote ohutuse hea tava reegleid;

5) teaduse ja tehnika hetkeseisu;

6) tarbijate põhjendatud ootusi ohutuse suhtes.

## **§ 7. Ohutuse kindlaksmääramine**

(1) Toode on ohutu, kui see mõistlikel kasutustingimustel, arvestades kasutusiga ning asjakohastel juhtudel kasutuselevõtu-, paigaldus- ja hooldusnõuete järgimist, tagab inimese ohutuse ja tervise kaitse ega ohusta ümbritsevat keskkonda.

(2) Ohutuse kindlaksmääramisel võtab turujärelevalveasutus arvesse eelkõige järgmised asjaolud:

1) toote omadused, kaasa arvatud koostis, pakend, kokkupanekujuhendid ning asjakohastel juhtudel paigaldus ja hooldusjuhendid;

2) mõju teisele tootele, kui võib põhjendatult eeldada nende koos kasutamist;

3) toote esitlusviis, märgistus, hoiatused, kasutamise ja hävitamise juhendid ning muu teave;

4) võimalik oht toote kasutamise korral tarbijate riskirühmadele, eriti lastele ja vanuritele.

(3) Toodet ei või pidada ohtlikuks põhjusel, et seda on võimalik ohutumaks muuta või mõni sama liiki toode on ohutum.

(4) Ohtlik on iga toode, mis ei vasta käesoleva paragrahvi lõigetes 1–3 sätestatule.

(5) Tõsise ohuna käsitatakse tootest tulenevat ohtu, kaasa arvatud ohtu, mille mõju ei ole otsene, mis nõuab turujärelevalveasutuse kiiret sekkumist [31].

## **Masina ohutuse seadus<sup>1</sup>**

Vastu võetud 10.12.2008

### **RT I 2009, 3, 13**

jõustumine 29.12.2009

1. peatükk

#### **ÜLDSÄTTED**

§ 1. Seaduse reguleerimisala

6) välitingimustes kasutatava seadme tekitatavale mürale, mürataseme mõõtmisele, selle seadme turule laskmisele, kasutusele võtmisele ja märgistamisele ning vastavushindamisele

§ 4. Mõisted käesoleva seaduse tähenduses

(12) Välitingimustes kasutatav seade on:

1) masin, mis on kas iseliikuv või mida saab teisaldada ja mis sõltumata liikumapanevast osast on vastavalt oma tüübile ette nähtud kasutamiseks välitingimustes ja mis mõjutab keskkonna mürakoormust. Seadme kasutamist ümbruses, mis müra ülekandumist üldse või oluliselt ei mõjuta, näiteks telgis, vihma eest kaitsva katuse all või hoone karkassis, käsitatakse kui

kasutamist välitingimustes;

2) tööstuses või keskkonnas kasutatav jõuseadmeta seade, mis vastavalt oma tüübile on ette nähtud kasutamiseks välitingimustes ja mis mõjutab keskkonna mürakoormust.

(13) Garanteeritud helivõimsuse tase on välitingimustes kasutatavale seadmele lubatud müratase, mis on kindlaks määratud õigusaktis sätestatud korras ja mis sisaldab tootmiserinevustest ja mõõtmisest tingitud kõikumist, ning mille kohta tootja või tema volitatud esindaja kinnitab, et vastavalt kasutatud ja tehnilistes dokumentides nimetatud mõõtevahenditele seda taset ei ületata [32].

## KOKKUVÕTTE

Selles magistritöös täiustati häll Milly Mally Sweet Melody isekiikuga mehhanismiga.

Töötati välja hälli juhtimise süsteem reaalsele lähedaste sunnitud võnkumiste saamiseks. Eksperimendi käigus tehti lapse massiga koormatud ja ema poolt kiigutatava hälli võngete mõõtmised. Mõõtmisi tehti seadme CHR – UM6 Ultra Miniature AHRS 22sensor-um6 abil. Valiti lapse uinutamiseks optimaalne ja kõige sobivam hälli eemale tõukamise kiirus. Hiljem vedrumehhanismi paigaldamisel hälli jala külge, loodi saadud andmete ja arvutuste tulemusel programmis MatLab võnkumiste graafik, mis praktiliselt ei erine graafikust, mis saadi hälli käsitsi kiigutamisel. See tõestab, et mehhanism sobib lapsehälli kiigutava mehhanismina.

Vajadust täiustada hälli Milly Mally Sweet Melody, millele antud töös lisati kiigutav mehhanism, tõendas veenvalt üksikasjalik statistiline küsitlus. See küsitlus tõendas, et isekiigutatavat mehhanismi on mõtet pakkuda just sellele lapsehälli mudelile. Samuti viidi läbi üksikasjalik turuuring, millest selgus, et Eestis ei ole ühtegi isekiikuga hälli mudelit, isegi tavalisi hälle Eesti turul praktiliselt ei ole.

Lahendati mehhaanika pöördülesanded ja välja arvutatud 5 kiikuvat mehhanismi:

Hammaslattsüsteemi mehhanism

Väntmehhanism.

Kulissmehhanism.

Nukkmehhanism

Vedrumehhanism

Elektromagnetiga mehhanism

Otsustati, et kulissmehhanism, väntmehhanism, hammaslattsüsteemi mehhanism ja nukkmehhanism ei sobi kasutamiseks. Edasine uurimistöö oli suunatud vedrumehhanismi ja elektromagnetiga mehhanismi arvutustele ja projekteerimisele.

Isekiikuv mehhanism, st vedrumehhanism, koos juhtimise süsteemiga tagab piisavalt pikaajalise hälli kiikumise. Vedrumehhanismiga, mis oluliselt pikendab kiikumise kestust annab hällile vedrutavused omadused.

Selles magistritöös määratleti lapse massiga koormatud hälli väikesed vabavõnked (värelemine) ja pikikiikumise võnked. Tehti kiigutava mehhanismi ekvivalentse jäikuse



arvutused hälli jaoks ja arvutati välja vedru parameetrid isekiikivas mehhanismis (vedrumehhanismis).

Sunnitud mittersumbuvate harmooniliste võnkumiste saamiseks tehti elektromagneti arvutus, arvutati välja elektromagneti parameetrid, samuti töötati välja elektromagnetit, Logo kontrolleri ja releed sisaldava isekiikiva mehhanismi juhtimise süsteem.

Elektromagnetit, Logo kontrolleri ja releed sisaldav isekiikiv mehhanism on paigutatud ettevõtte Gainta plastist korpusesse. See korpus paigaldatakse hälli põhja välispinnale. Magnet töötab vooluvõrgust ja tagab hällile pidevad mittersumbuvad harmoonilised võnkumised. Logo kontrolleri abil hakkab elektromagnet automaatselt sisse- ja välja lülituma luues sellega võnkumised hällil.

Töö käigus valiti tehniliste omaduste poolest sobiv elektromagnet ja releega kontrolleri.

Kõik töös püstitatud probleemid olid täidetud ja saavutatud positiivsed tulemused.

## CONCLUSION

The aim of current graduation paper was to improve the mechanism of automatic swing baby cradle Milly Mally Sweet Melody.

During the course of the research there has been developed a special cradle control system, which enables to cause forced oscillations close to real by the nature. There were made oscillation measurements of a swinging cradle produced by mother's hand taking into consideration baby's weight. The measurements were made using the following device: CHR – UM6 Ultra Miniature AHRS 22sensor-um6. It has to be noted that the best and most suitable speed of cradle repulsion for a child rocking was chosen. At a later stage of the research spring mechanism was installed onto the cradle legs. Based on gained data and calculations in MatLab there was compiled an oscillation chart which is practically identical to the chart based on the data gained during manual cradle swing test. This proves that the mechanism is suitable to be used as a rocking mechanism for a baby's cradle.

The need to improve Milly Mally Sweet Melody cradle, which in the current study has been equipped with a swing mechanism, has been proved by detailed statistical survey. Results of this survey have proved that it would make a sense to offer automatic swing cradle mechanisms specifically for this cradle model. Apart from statistical survey there has been conducted a detailed analysis of the market, which showed that in Estonia there are no automatic swing cradles, furthermore there are almost no simple baby cradles on Estonian market.

In current paper there were resolved inverse mechanical problems and calculated 6 swing mechanisms:

Gear mechanism

Crank mechanism vânt

Link mechanism

Cam mechanism

Spring mechanism

Electromagnet

It has been proved that link, cam, crank and gear mechanisms are not suitable for use. Further research has been dedicated to the design and calculation of the spring mechanism and electromagnet. Automatic swing or spring mechanism together with the control system

provides sufficiently long cradle swing. Spring mechanism, which greatly increases the lengths of the oscillation, also adds amortization to the cradle.

In the current graduation paper there were identified small free oscillations (bouncing) and lateral oscillations of cradle swing taking into consideration baby's weight. There have been conducted calculations of equivalent stiffness of swinging mechanism for cradle and also calculations of spring parameters in automatic swing mechanism. In order to get forced continuous harmonic oscillations, there has been conducted a calculation of an electromagnet and also developed and designed a control system of the automatic swing mechanism which includes electromagnet, logo controller and relay.

Automatic swing mechanism is equipped with a magnet and LOGO controller and relay and is placed into plastic body frame produced by Gainta company. This body frame is mounted on the outer part of the bottom of the cradle. The magnet operates off mains power supplies and provides permanent continuous cradle oscillations. With a help of LOGO controller the electromagnet will be automatically turned on and off creating cradle oscillations. During the course of the current research have been chosen compatible by technical characteristics electromagnet and a controller with relay.

All research tasks have been completed and positive results achieved.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Lastetarvete poe kodulehekülj [WWW] <http://www.shustriypapa.com.ua/my-shop/876-milly-mally-sweet-melody.html> (26.03.2015).
2. Rasedusest ja lapsest kodulehekülj. [WWW] <http://www.babycenter.com> (26.03.2015).
3. Lastetarvete poe kodulehekülj [WWW] <http://beebicenter.ee/et/voodid-ja-hallid/84240-mamas-papas-kiikuvad-moses-beebikorvi-jalad.html> (27.03.2015).
4. Lastetarvete poe kodulehekülj [WWW] <http://beebicenter.ee/et/voodid-ja-hallid/84244-mamas-papas-classic-natural-moses-beebikorvi-jalad.html> (27.03.2015).
5. Lastetarvete poe kodulehekülj [WWW] <http://beebicenter.ee/et/kingituseks/84231-moses-beebikorvid.html> (28.03.2015).
6. Lastetarvete poe kodulehekülj [WWW] <http://www.babyland.ee> (28.03.2015).
7. Lastetarvete poe kodulehekülj [WWW] <http://www.karupoegpuhh.ee/> (26.03.2015).
8. Lastetarvete poe kodulehekülj [WWW] <http://www.beebimaailm.ee/> (26.03.2015).
9. Lastetarvete poe kodulehekülj [WWW] <http://www.chicco.ee/> (26.03.2015).
10. Lastetarvete poe kodulehekülj [WWW] <http://www.jukukeskus.ee/kaupluste-kontaktid> (26.03.2015)
11. Lastetarvete poe kodulehekülj [WWW] <http://www.beebipood.ee/korvhall-monica-white.html> (29.03.2015).
12. Lastetarvete poe kodulehekülj [WWW] <http://www.mothercare.ee/mothercare-deluxe-gliding-crib-natural-1.html> (29.03.2015).
13. Lastetarvete poe kodulehekülj [WWW] <http://101lapsevankrit.ee/?product=voodi-radek-ii-kiikkast&lang=et> (29.03.2015).
14. Mehhanismide kodulehekülj [WWW] [http://cherch.ru/mechanizmi\\_i\\_mashini/zubchato-rechniy\\_mechanizm.html](http://cherch.ru/mechanizmi_i_mashini/zubchato-rechniy_mechanizm.html) (15.04.2015).
15. Richard C Budynas, I. Keith Nisbett. Shigley's Mechanical Engineering Design, SI version Paperback, 2007.
16. Sõnastiku ja entsüklopeedia kodulehekülj [WWW] <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/100867/%D0%9A%D1%83%D0%BB%D0%B8%D1%81%D0%BD%D1%8B%D0%B9> (17.04.2015).

17. Tugevusõpetusest kodulehekülg [WWW] <http://www.isopromat.ru/tmm/kratkij-kurs/kulachkovye-mehanizmy-kinematicheskij-analiz-i-sintez> (18.04.2015).
18. Heiki Lubi, Vedrud. TPÜ kirjastus, Tallinn 1997.
19. A.A.Jablinskiy, V.M. Nikiforova Teoreetiline mehhaanika. Staatika, dünaamika, kinemaatika, 1986.
20. V. I. Anurjev, Konstruktori mainaehitaja käsiraamat, köide 3, 1982.
21. Elektroonika ja elektrotehnikast kodulehekülg [WWW] <http://electricalschool.info/spravochnik/apparaty/499-jelektromagnity.html> (01.05.2015).
22. Elektroonikast ja magnetismist kodulehekülg [WWW] <http://electroandi.ru/elektrichestvo-i-magnetizm/elektromagnit.html> (02.03.2015).
23. Elektrotarbete müük, kodulehekülg [WWW] <http://elektrolik.com.ua/p30956824-elektromagnit-71111.html> (10.05.2015).
24. LOGO kontrolleri kodulehekülg [WWW] <http://www.promspecrele.ru/documents/230rco> (10.05.2015).
25. Elektroonika ja elektrotehnika kodulehekülg [WWW] <http://electricalschool.info/naladka/193-jelektromagnitnye-rele-upravlenija.html>
26. Relee epoodi kodulehekülg [WWW] <http://www.radiodetali.com.ua/product/catproduct/196> (13.05.2015).
27. Nuppude kataloogi lehekülg [WWW] <http://www.220-volt.ru/catalog/knopki/> (15.05.2015).
28. Ametlik Gainta lehekülg [WWW] <http://www.gainta.com/g1908.html> (15.05.2015).
29. Robotitehnikast kodulehekülg [WWW] <https://www.chrobotics.com/shop/orientation-22sensor-um6> (22.04.2015).
30. Riigi Teataja võrguväljaande veebileht [WWW] <http://www.riigiteataja.ee/akt/735236> (10.04.2015).
31. Riigi Teataja võrguväljaande veebileht [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/112072014141> (10.04.2015).
32. Riigi Teataja võrguväljaande veebileht [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/MOS> (10.04.2015).

**LISAD**