

**Kauno technologijos universitetas**

Informatikos fakultetas

Fizika 1 „Liftas“

P190B101 Fizika 1 probleminė užduotis 1

**Projekto autoriai**

Gustas Klevinskas

Ignas Laurinaitis

Gytis Dobrovolskis

Dainius Dzialtuvas

Gedas Kambaras

**Akademinė grupė**

IFF-8/7

**Vadovai**

Doc. Ramūnas Naujokaitis

Kaunas, 2019

Turinys

[Santrauka 3](#_Toc2067573)

[Įvadas 4](#_Toc2067574)

[Tvarkaraštis 5](#_Toc2067575)

[Problemos sprendimo būdų ir metodų apžvalga 6](#_Toc2067576)

[Hidrauliniai liftai 6](#_Toc2067577)

[Traukos liftai 6](#_Toc2067578)

[Fizikinių dėsnių taikomų problemos sprendimui aprašymas 7](#_Toc2067579)

[Laboratoriniai darbai: fizikinių dėsnių iliustracija 8](#_Toc2067580)

[1. Atvudo mašina. 8](#_Toc2067581)

[2. Kūno laisvojo kritimo pagreičio nustatymas. 9](#_Toc2067582)

[Probleminio uždavinio rezultatai 10](#_Toc2067583)

[1. Masių apskaičiavimas. 10](#_Toc2067584)

[2. Kuo mažesnių elektros energijos sąnaudų pasiekimas. 10](#_Toc2067585)

[3. Maksimalus lifto pagreitis. 10](#_Toc2067586)

[4. Laiko apskaičiavimas. 10](#_Toc2067587)

[5. Elektros motoro charakteristikos. 11](#_Toc2067588)

[6. Lyno medžiaga, diametras saugiam tempimui. 11](#_Toc2067589)

[7. Stabdymas ir trintys. 12](#_Toc2067590)

[8. Saugumo reikalavimai. 12](#_Toc2067591)

[Išvados 13](#_Toc2067592)

[Literatūros sąrašas 14](#_Toc2067593)

# Santrauka

Problema: suprojektuoti liftą, kuris galėtų saugiai kelti 8 asmenis 12 aukštų. Projektavimo metu atsižvelgti į pateiktus reikalavimus ir pastabas.

Sprendimas: pirmas žingsnis – informacijos paieška. Lifto projektavimo pagrindai buvo surasti internete. Atlikti laboratoriniai darbai padėjo geriau įsivaizduoti lifto veikimo principą (veikiančias jėgas, reikalingas medžiagas ir t. t.). Kitų praktinių užsiėmimų metu sužinojome fizikinius dėsnius, kurie buvo aktualūs sprendžiant šią problemą. Didžioji dalis skaičiavimų paremti tikrais pavyzdžiais.

Rezultatai: buvo pasirinktas traukos liftas. Sistemos elektros energijos sąnaudų sumažinimui pasinaudojome atsvaru. Sužinojome, kad kelti daugiau negu 0.28 m/s2 pagreičiu negalime. Suprojektuotas liftas į 12 aukštą užkyla trumpiau nei per 60 s. Efektyviam kėlimui pasirinktas trijų fazių kintamos srovės motoras. Lyno pagrindinė medžiaga – plienas. Apskaičiuotas jo diametras saugiam kėlimui. Atsižvelgta į trinties poveikį lifto veikimui, stabdžių sistemos medžiaga taip pat plienas. Liftas atitinka saugumo reikalavimus.

# Įvadas

Studentas Jonas atlieka vasaros praktiką įmonėje UAB „Kauno Liftai“. Atėjęs pirmadienį į praktiką Jonas rado direktoriaus laišką.

„Jonai, šios praktikos metu tu turėsi suprojektuoti liftą (mechaninė dalis), kuris bus naudojamas 16 KTU bendrabutyje. Medžiagų pavyzdžiai iš kurių liftas galėtų būti pagamintas pateikti tau ant stalo. Projektuodamas turėtum atsižvelgti į šiuos reikalavimus ir pastabas:

1. Liftas turėtų gebėti kelti 8 asmenis bei turėti 400 kg atsargą.
2. Projektavimo metu neatsižvelgti į smulkių detalių (rankenos, valdymo elektronika, varžtai, veržlės ir t. t.) masę.
3. Liftas turėtų sunaudoti kuo mažiau elektros energijos.
4. Kūno perkrova negali būti didesnė nei 2 kg.
5. Liftas į 12 aukštą turėtų užkilti ne lėčiau nei per 1 min.
6. Aprašyti technines charakteristikas kurias turi tenkinti lifto elektros motoras.
7. Atkreipti dėmesį į tampriąsias deformacijas kurias patirs lynas tempiantis liftą.
8. Atkreipti dėmesį į trinties poveikį lifto veikimui bei parinkti medžiagas stabdžių sistemai.
9. Laboratorijoje ištirti fizikinius procesus galinčius vykti eksploatuojant liftą ir juos aprašyti bei įvertinti matavimų ir skaičiavimų paklaidas.
10. Liftas turi tenkinti saugumo reikalavimus, t. y. nekelti viršijus leistiną svorį, turi turėti avarinio stabdymo sistemą.“

# Tvarkaraštis

Projekto terminas: 2019/02/05 – 2019/02/25

**I etapas**

Informacijos paieška, dalyvavimas teoriniuose, praktiniuose užsiėmimuose. Darbų pasiskirstymas:

*Gedas Kambaras:* 8-as reikalavimas.

*Ignas Laurinaitis:* 1-as reikalavimas, 3-as reikalavimas, 10-as reikalavimas.

*Gustas Klevinskas*: 6-as reikalavimas.

*Gytis Dobrovolskis*: 4-as reikalavimas, 7-as reikalavimas.

*Dainius Dzialtuvas*: 5-as reikalavimas.

**II etapas**

Savarankiškas kiekvieno grupės nario darbas.

**III etapas**

Darbų pasiskirstymas:

*Gedas Kambaras:* ataskaitos fizikinių dėsnių taikomų problemos sprendimui aprašymas.

*Ignas Laurinaitis:* ataskaitos santrauka, įvadas, tvarkaraštis, problemos sprendimo būdų ir metodų apžvalga.

*Gustas Klevinskas:* ataskaitos laboratorinių darbų fizikinių dėsnių iliustracija, išvados, ataskaitos apipavidalinimas.

*Gytis Dobrovolskis:* prezentacijos pateiktis.

*Dainius Dzialtuvas:* ataskaitos fizikinių dėsnių taikomų problemos sprendimui aprašymas.

# Problemos sprendimo būdų ir metodų apžvalga

## Hidrauliniai liftai

Hidrauliniai liftai veikia stūmoklio, esančio lifto apačioje, pagalba. Stūmoklis stumia liftą aukštyn, kai į jį pradedama leisti alyvos ar kito hidraulinio skysčio. Liftas leidžiasi, kai per vožtuvą stūmoklyje esantis skystis yra išleidžiamas. Šio tipo liftai yra naudojami tada, kai nereikia užkilti labai aukštai. Didžiausias hidraulinio lifto greitis yra apie 60 m/min.

Privalumai:

1. Maža kaina.
2. Mažos priežiūros išlaidos.

Trūkumai:

1. Sunaudoja daug energijos, nes elektrinis variklis turi veikti prieš žemės trauką, kai leidžia hidraulinį skystį į stūmoklį.
2. Hidraulinis skystis gali patekti į išorę, taip sukeldamas rimtą pavojų aplinkai.

## Traukos liftai

Traukos liftai yra keliami lynais, kurie eina per ratą (dažniausiai skriemulį), pritvirtintą prie elektrinio variklio esančio virš lifto šachtos. Šie liftai yra naudojami tada, kai užkilimo distancija yra vidutinė arba aukšta. Traukos liftai yra daug greitesni už hidraulinius liftus (daugiausiai gali pasiekti apie 600 m/min greitį). Atsvaras padaro šio tipo liftus žymiai naudingesniais, nes liftui veikiant keliamas svoris yra dalinai kompensuojamas, todėl varikliui reikia kelti mažiau svorio.

Privalumai:

1. Vidutinė kaina.
2. Vidutinės energijos sąnaudos.
3. Vidutinės priežiūros išlaidos.

Trūkumai:

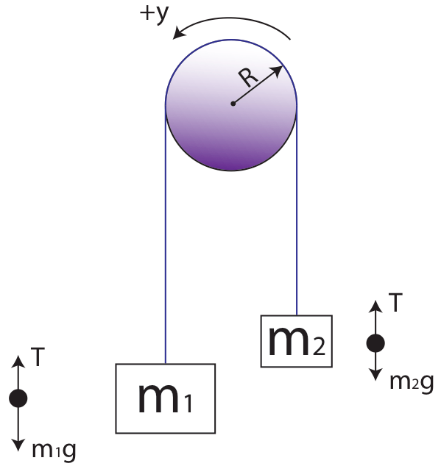
1. Lynai ir skriemuliai dėvisi, todėl tarp jų sumažėja trintis. Dėl to mažėja lifto naudingumas ir atsiranda nuslydimo rizika.
2. Keliamo aukščio apribojimai dėl lynų ilgio ir svorio.

# Fizikinių dėsnių taikomų problemos sprendimui aprašymas

1. Naudojamas atsvaras, siekiant padidinti energetinį našumą. Atsvaro svoris padeda kelti liftą ir varikliui reikia sunaudoti mažiau darbo.
2. Būtina apskaičiuoti tinkamą pagreitį, kuriuo greitėdamas liftas neviršytų duotos perkrovos ribos.
3. Reikalinga formulė  
   siekiant apskaičiuoti lifto nukeliautą kelią greitėjimo bei lėtėjimo metu.
4. Reikia atsižvelgti į masę ir penktame punkte duotą laiko reikalavimą, kurio pasekmė yra būtinybė judėti atitinkamu greičiu.
5. Projektui reikalinga ir sukamojo judėjimo analizė, skirta apskaičiuoti variklio motoro technines charakteristikas.
6. Stabdymui naudojama trinties jėga, kuri judantį objektą veikia priešingos krypties jėga ir sudaro sąlygas neigiamam pagreičiui – lėtėjimui.

# Laboratoriniai darbai: fizikinių dėsnių iliustracija

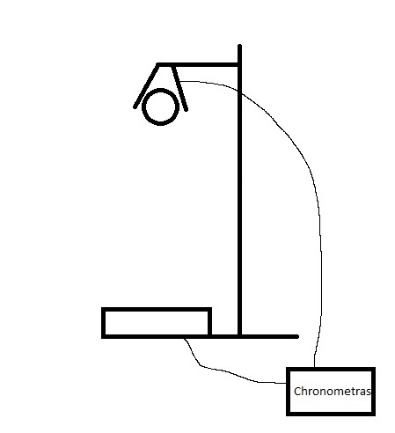
## Atvudo mašina.



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eil. nr. | mi, kg | mig, N | tij, s | | | | | < ti >, s | ai, m/s2 |  | ai`, m/s2 |
| j = 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 0.01 | 0.098 | 0.529 | 0.521 | 0.541 | 0.531 | 0.524 | 0.529 | 1.77 | 0.33 | 3.27 |
| 2 | 0.02 | 0.196 | 0.421 | 0.384 | 0.373 | 0.372 | 0.361 | 0.382 | 3.39 | 0.5 | 4.9 |
| 3 | 0.03 | 0.294 | 0.324 | 0.335 | 0.320 | 0.320 | 0.331 | 0.326 | 4.67 | 0.6 | 5.88 |

## Kūno laisvojo kritimo pagreičio nustatymas.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| h, m | ti, ms | gi, m/s2 | < g >, m/s2 | Sn, m/s2 |
| 0.300 | 251.2 | 9.508 | 9.516 | 0.11 |
| 247.9 | 9.763 |
| 247.5 | 9.795 |
| 252.8 | 9.389 |
| 252.3 | 9.426 |
| 247.7 | 9.779 |
| 249.8 | 9.615 |
| 260.3 | 8.855 |



Šiame laboratoriniame darbe apskaičiavome laisvojo kritimo pagreitį, jį galėtume panaudoti mūsų skaičiavimuose, kai naudojame g = 9.8 m/s2. Tačiau mūsų gauta reikšmė (9.5 m/s2) skiriasi ganėtinai daug nuo sutarto 9.8 m/s2, todėl nelabai galime pasitikėti šio laboratorinio darbo rezultatais.

# Probleminio uždavinio rezultatai

## Masių apskaičiavimas.

(vidutinė žmogaus iš Europos masė)

## elev_trac.gifKuo mažesnių elektros energijos sąnaudų pasiekimas.

Panaudojamas atsvaras. Jis dalinai kompensuoja keliamą svorį (kėlimo metu atsvaro sunkio jėga veikia priešinga kryptimi kėlimo krypčiai), todėl variklio energijos sąnaudos tampa mažesnės. Taip pat liftui suteikia stabilumo.

Atsvaro masė turėtų būti lygi kabinos masei ir 40 – 50% žmonių masės. Kadangi šis liftas bus statomas studentų bendrabutyje, galime teigti, jog ganėtinai dažnai vienu metu liftu kils grupelė žmonių, tad paimkime, kad atsvaras bus 50% žmonių masės.

Papildomai sutaupyti elektros energijos būtų galima pasinaudojant technologija, kuri naudojama elektra varomuose automobiliuose. Lifto motoras galėtų atlikti generatoriaus funkciją tais atvejais, kai kabina kiltų arba leistųsi pati dėl masių pasiskirstymo tarp kabinos ir atsvaro. Dėl šios sistemos taip pat mažiau dėvėtųsi stabdžiai.

## Maksimalus lifto pagreitis.

Sujungę (2) ir (3) formules gauname:

Pertvarkius paskutiniąją formulę gauname maksimalų pagreitį.

## Laiko apskaičiavimas.

Padarius prielaidą, jog vieno aukšto aukštis yra 3.5 m, galime apskaičiuoti, į kokį aukštį reikės pakilti liftui. Jam reikės užkilti papildomus 11 aukštų, kad pasiektų 12 aukštą iš pirmo, t. y. reikės nukeliauti 38.5 m. Pasirenkame greitį, kuriuo reikės kilti liftui. Mes paėmėme 0.9 m/s. Tuomet galime apskaičiuoti greitėjimo (ir lėtėjimo) laiką:

Dabar galime apskaičiuoti greitėjimo (ir lėtėjimo) metu nueitą kelią pagal (1) formulę:

Atstumas, kurį liftas judės negreitėjant:

Laikas, kurį užtruks liftas kylant šį atstumą:

Tuomet visas kilimo procesas nuo 1 iki 12 aukšto užtruks:

Kaip matome, su mūsu pasirinktu greičiu spėjame į 1 min ribą.

## Elektros motoro charakteristikos.

Naudotume trijų fazių kintamos srovės motorą dėl jų reliatyviai paprastos konstrukcijos, patikimumo ir aukšto sugeneruojamo pradinio jėgos momento.

Motoro išvystomą jėgos momentą apskaičiuosime pagal:

čia: *r* – motoro sukamo rato spindulys.

Naudojant 0.1 m spindulio ratą ir žinant, jog motoras turės pakelti 680 kg (1960 kg kabinos masė – 1280 kg atsvaro masė) su maksimaliu 0.28 m/s2 pagreičiu, gauname:

686 Nm yra ganėtinai daug, tačiau prireikus galime šį reikalaujamą jėgos momentą sumažinti perpus (arba daugiau kartų) naudojant skridinių sistemą. Tačiau, norint išlaikyti tokį patį kilimo greitį, reikėtų padidinti variklio galią. Apskaičiuojame motoro išvystomą galią:

Pasinaudojus ankstesniais skaičiavimais, žinome, jog siekiame 0.9 m/s greičio. Taigi:

Kadangi mūsų projektuojamas liftas negali pasiekti 100% efektyvumo dėl įvairiausių energijos nuostolių (trintis, nuostoliai laiduose), pasirinkime motorą, kuris išvysto 8 kW galios.

## Lyno medžiaga, diametras saugiam tempimui.

Lyno metalui pasirinkome naudoti 36Mo plieną, kurio .

Iš (6) formulės galime išsireikšti minimalų lyno skersmenį:

Kadangi trintis bus reliatyviai maža, galime teigti, jog minimalus lyno spindulys yra 2 mm. Dar reikia nepamiršti apie saugumo koeficientą, kuris rimtose sistemose (kaip liftuose) yra labai svarbus. Mes panaudojome saugumo koeficientą 10. Tuomet lyno skerspjūvio plotas yra:

## Stabdymas ir trintys.

Stabdžių sistemai ir bėgiams naudojama plieno trintis į plieną, tačiau bėgiai yra sutepti, kad būtų sumažinta trintis.

Liftuose yra įrengiami nepriklausomi saugumo stabdžiai nelaimės atveju (pavyzdžiui, jei trūktų lynas). Jų stabdymo jėga turėtų būti ne mažesnė nei 8.1 kN:

Stovėjimui turi būti naudojama jėga ne mažesnė nei 2.8 kN:

Tarp bėgių atsiranda 1 kN trintis:

## Saugumo reikalavimai.

Papildomas lynas su stabdžiu, kuris suspaudžia pagrindinį lyną pajutus tam tikrą greitį.

Lifto grindyse yra svorio jutiklis, kuris neleistų liftui kilti, jeigu būtų viršytas leistinas svoris. Esamas svoris pakeičiamas elektriniu signalu.

# Išvados

Padarius šias prielaidas:

* žmogaus masė – 70 kg;
* lifto kabinos masė – 1000 kg;
* aukštis tarp pirmo ir dvylikto aukšto – 38 m;
* maksimali perkrova, jaučiama žmonių – 2 kg;
* medžiaga, iš kurios pagamintas lynas – 36Mo plienas;

galime apskaičiuoti šiuos duomenis:

* atsvaro masė – 1280 kg;
* laikas, per kurį liftas užkils iš pirmo aukšto į dvyliktą – 46 s;
* motoro galia – 8 kW; motoro jėgos momentas – 735 Nm;
* lyno skersmuo – 3.8 cm.

Šie duomenys turi ganėtinai daug atitikmenų su naudojamais gyvenime. Tačiau porą dalykų tikrai neatitinka realybės. Motoro jėgos momentas yra pernelyg aukštas. Panašios galios rinkoje siūlomi motorai išvysto apie 200 – 300 Nm, todėl tikėtina, kad blogai apskaičiavome motoro jėgos momentą.

Norint pasiekti tikslių rezultatų, reikėtų atsižvelgti į daugybę papildomų detalių (motoro sudedamųjų dalių mases/inercijos momentus, trintis, energijos nuostolius laiduose ir pan.).

# Literatūros sąrašas

1. <https://www.researchgate.net/publication/276949903_Lift_and_Escalator_Motor_Sizing_with_Calculations_and_Examples>
2. <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/ha0/h5f/WEG-motors-specification-of-electric-motors-50039409-brochure-english-web.pdf>
3. <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=c140b20b165941c7a948e782eeced4ea>
4. <https://www.electrical4u.com/induction-motor-advantages-and-disadvantages>
5. <https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-12-439>