

**VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS**

Petras Čyras, Ritoldas Šukys, Vytautas Nainys, Valmantas Girnius

**ŽMONIŲ SAUGA**

**STUDIJŲ PROGRAMOS KLAUSIMAI IR NAMŲ DARBŲ UŽDUOTYS APLINKOS  
INŽINERIJOS, MECHANIKOS, STATYBOS, TRANSPORTO INŽINERIJOS,  
VERSLO VADYBOS FAKULTETŲ STUDENTAMS NEAKIVAIZDININKAMS**

Mokomoji knyga



Vilnius LEIDYKLA TECHNICA 2011

UDK

**P. Čyras, R. Šukys, V. Nainys, V. Girnius. Žmonių sauga: moko-  
moji knyga.** Vilnius: Technika, 2010. xxx p.

Žmonių saugos discipliną studijuoja visų technikos specialybių stude-  
ntai. Uždavinių sprendiniai bus taikomi ne tik praktiniuose užsiėmimuose, bet  
ir rengiant baigiamuosius darbus bei diplominius projektus.

Knygelėje pateikti saugaus darbo organizavimo, ergonominių sprendi-  
mų, apsaugos nuo elektros ir gaisrinės saugos praktiniai uždaviniai. Greta  
uždavinių sprendinių metodikos pateikta teorinė dalis, naujausi normatyvi-  
niai dokumentai, ES direktyvų reikalavimai, mokslinių tyrimų rezultatai ir  
individualios užduotys.

Igytos teorinės žinios padės studentams spręsti įvairias technines pro-  
blemas, garantuojančias darbuotojų saugą ir sveikatą.

Leidinį rekomendavo VGTU Statybos fakulteto studijų komitetas

Recenzavo:

doc. dr. Kazys-Algirdas Kaminskas, VGTU Darbo ir gaisrinės saugos  
katedra

prof. Egidijus R. Vaidogas, VGTU Darbo ir gaisrinės saugos katedra

doc. dr. Elena Zaleckienė, VGTU Chemijos ir bioinžinerijos katedra

<http://leidykla.vgtu.lt>

VGTU leidyklos TECHNIKA \_\_\_\_\_ mokomosios  
metodinės literatūros knyga

ISBN

© Čyras, P., 2011

© Šukys, R., 2011

© Nainys, V., 2011

© Girnius, V., 2011

© VGTU leidykla TECHNIKA, 2011

## TURINYS

Ivadas.....	5
Bendrieji studijų programos klausimai aplinkos inžinerijos, mechanikos, statybos, transporto inžinerijos, verslo vadybos fakultetų studentams neakivaizdininkams .....	7
Specialieji studijų programos klausimai ir namų darbų užduotys aplinkos inžinerijos fakulteto studentams neakivaizdininkams ....	8
Specialieji studijų programos klausimai ir namų darbų užduotys mechanikos fakulteto studentams neakivaizdininkams .....	10
Specialieji studijų programos klausimai ir namų darbų užduotys statybos fakulteto studentams neakivaizdininkams .....	11
Specialieji studijų programos klausimai ir namų darbų užduotys transporto inžinerijos fakulteto studentams neakivaizdininkams .....	13
Specialieji studijų programos klausimai ir namų darbų užduotys verslo vadybos fakulteto studentams neakivaizdininkams .....	14
Uždavinių skaičiavimo metodika .....	18
1. Tranšėjų su vertikaliomis sienelėmis ramsčių skaičiavimas ....	18
2. Gilesnių kaip 5 m iškasų šlaito statumo skaičiavimas .....	20
3. Vienarūšio grunto karjero pastovaus šlaito kampo skaičiavimas .....	23
4. Statybos aikštelės laikino vandentiekio skaičiavimas .....	26
5. Lanksčiojo kobinio skaičiavimas .....	28
6. Buitinių patalpų skaičiavimas .....	30
7. Laikinųjų sandėliavimo aikštelių plotų skaičiavimas .....	33
8. Statybos aikštelės tolygiojo apšvietimo skaičiavimas .....	36
9. Apšvietimo skaičiavimas šviesos srauto išnaudojimo koeficiento metodu .....	39
10. Triukšmo šaltinių lygių skaičiavimas .....	41
11. Triukšmo lygio gyvenvietėje skaičiavimas .....	42
12. Apsauginio aptvaro išspinduliuojamo triukšmo lygio skaičiavimas .....	44
13. Aktyvaus veikimo slopintuvo skaičiavimas .....	46
14. Apsauginio įžeminimo skaičiavimas .....	52
15. Elektros srovės saugiklių skaičiavimas .....	56
16. Vieno strypo žaibolaidžio saugos zonos skaičiavimas .....	61
17. Žmonių evakavimo iš pastatų trukmės skaičiavimas.....	64
18. Medinės konstrukcijos ribinės laikančiosios galios gaisro metu skaičiavimas .....	69
19. Slėginių indų sprogo pavojaus skaičiavimas juos bandant hidraulinį slėgiu .....	71

20.	Spyruoklinių amortizatorių skaičiavimas .....	75
21.	Darbo ir poilsio trukmės skaičiavimas .....	78
22.	Šilumos kiekio, nutekėjusio pro langą, ir oro molekulių vidutinio laisvojo lėkio dydžio skaičiavimas .....	81
23.	Oro, išmetamo pro ventiliacinę angą, po valymo mechaniniais filtrais skaičiavimas .....	85
24.	Vandenilio, ištekėjusio pro ventiliaciją iš baliono, kiekio skaičiavimas .....	88
25.	Automobilio išmetamųjų dujų kenksmingų komponentų skaičiavimas .....	89
26.	Pavojingos sprogios koncentracijos, susidariusios patalpoje, skaičiavimas .....	92
	Literatūra.....	95

## Įvadas

Žmonių sauga darbe – tai teisinių aktų, socialinių, ekonominių, organizacinių, techninių, sanitarinių ir higieninių bei gydymo profilaktikos priemonių sistema, laiduojanti žmogaus darbingumą ir sveikatingumą darbo metu. Žmonių saugos disciplina nagrinėja saugias ir sveikatai nekenksmingas darbo sąlygas.

Sėkmingas „Žmonių saugos“ kurso studijavimas priklauso nuo įgytų žinių mokantis visuomeninių ir techninių disciplinų. Žmonių saugos teorinės žinios ir praktiniai įgūdžiai padeda spręsti įvairias problemas, kurios garantuoja saugias ir nekenksmingas sąlygas. Dėl to mokymosi metu reikia laikytis tam tikro eiliškumo: pavojų ir kenksmingų veiksnių socialiniai ypatumai; jų fizinė kilmė ir mato vienetai; poveikis žmogui ir aplinkai; higieninis normavimas; kenksmingo poveikio šaltiniai, jų nustatymas ir poveikio mažinimo metodai; asmeninės apsaugos priemonės, matavimas ir kontrolė.

Žmonių saugos kurso programa studentams neakivaizdininkams sudaryta vadovaujantis Aukštojo ir specialiojo mokslo ministerijos programa disciplinai „Žmonių sauga“.

Studentas neakivaizdininkas sesijos metu išklauso įvadinę Žmonių saugos disciplinos paskaitą ir dėstytojas išduoda kurso programą bei kontrolinio darbo užduotį.

Pirmiausia studentas neakivaizdininkas turi gerai išstudijuoti teorinę kurso dalį, naudodamasis programoje nurodyta literatūra, darbuotojų saugos ir sveikatos normomis bei taisyklėmis, standartais ir nelaimingų atsitikimų gamyboje tyrimo aktais.

Mokantis teorinę kurso dalį, rekomenduojama konspektuoti medžiagą – tai padės įsigilinti ir geriau atlikti kontrolinį darbą.

Gerai išmokus teorinę dalį, kontrolinis darbas rašomas ant A4 formato popieriaus, brėžiniai ir schemos braižomos kompiuteriu.

Žmonių saugos darbe discipliną sudaro tokie 4 skyriai:

1. Darbuotojų saugos ir sveikatos reglamentavimas įstatymais.
2. Darbo higiena.
3. Technologinių procesų darbų sauga.
4. Gaisrinė sauga.

Kiekviename iš šių aukščiau išvardintų skyrių yra po dešimt teorinių klausimų, kurių variantus studentas pasirenka pagal savo studi-

jų registracijos paskutinio numerio skaičių – po vieną iš kiekvieno skyriaus aprašo.

Uždaviniai yra išdėstyti nuo „0“ iki „9“ ir parenkami taip pat pagal paskutinį studento registracijos numerį: vardiklyje – sprendžiamo uždavinio numeris, skaitiklyje – varianto numeris. Iš viso sprendžiami keturi uždaviniai. Uždaviniai sprendimui pateikti nuo „0“ iki „9“ (nurodytas pavadinimas), o gale, skliausteliuose, sprendimo metodika su formulėmis ir reikalingų duomenų lentelėmis.

Iki egzaminų sesijos pradžios įrištas kontrolinis darbas pagal grafiką pristatomas dėstytojui ir asmeniškai apginamas žodžiu arba raštu.

Studentas neakivaizdininkas iškilusius klausimus ir neaiškumus studijų metu gali išsiaiškinti Darbo ir gaisrinės saugos katedroje konsultacijų metu. Naudingų patarimų ir konsultacijų žmonių saugos klausimais gali suteikti organizacijų darbuotojų saugos ir sveikatos specialistai.

Egzaminų sesijos metu studentai neakivaizdininkai išklauso apžvalginę Žmonių saugos disciplinos paskaitas ir atlieka 4 (keturis) dėstytojo nurodytus laboratorinius darbus: [www.vgtu.lt/Statybos fakultetas/Darbo ir gaisrinės saugos katedra/Studentams/Žmonių sauga darbe](http://www.vgtu.lt/Statybos_fakultetas/Darbo_ir_gaisrinės_saugos_katedra/Studentams/Žmonių_sauga_darbe). *Laboratoriniai darbai*. Laboratoriniai darbai atliekami darbų saugos laboratorijoje pagal dėstytojo nurodymą, pateikiama ataskaita, kuri apiforminama ir įsegama į bendrą bylą.

# **Bendrieji studijų programos klausimai aplinkos inžinerijos, mechanikos, statybos, transporto inžinerijos, verslo vadybos fakultetų studentams neakivaizdininkams**

## **I. Darbuotojų saugos ir sveikatos reglamentavimas įstatymais**

0. Teisiniai darbuotojų saugos ir sveikatos dokumentai.
1. Europos Sąjungos darbuotojų saugos ir sveikatos direktyvų derinimas.
2. Profesinės rizikos vertinimo pagrindai.
3. Darbdavių ir darbuotojų pareigos saugos ir sveikatos srityse.
4. Potencialiai pavojingi įrenginiai ir pavojingi darbai.
5. Darbų saugos ir sveikatos kontrolė ir socialinė partnerystė.
6. Darbdavių ir darbuotojų mokymas, atestavimas ir instruktavimas.
7. Atsakomybės formos, pažeidus darbų saugos reikalavimus.
8. Nelaimingi atsitikimai ir profesinės ligos.
9. Traumatizmo analizės metodai ir koeficientai. Darbo ir poilsio laikas.

## **II. Darbo higiena**

0. Meteorologinės darbo aplinkos sąlygos. Mikroklimato parametrai ir jų įtaka žmogui. Mikroklimato parametrų normavimas ir jų gerinimas.
1. Gamybinės dulkės, jų savybės ir normavimas. Dulkėtumo mažinimo principai.
2. Kenksmingos cheminės medžiagos, jų poveikis žmogaus organizmui. Saugos priemonės tvarkant chemines medžiagas ir preparatus.
3. Darbo patalpų vėdinimo sistemos. Natūralus ir mechaninis vėdinimas. Oro kondicionavimas.
4. Darbo vietų apšvietimas. Apšvietos samprata. Apšvietos būdai ir sistemos. Apšvietimo matavimas ir normavimas.
5. Triukšmas ir jo įtaka žmogui. Triukšmo mažinimo būdai.
6. Gamybiniai virpesiai, poveikis žmogaus organizmui (vibracinė liga), matavimas ir normavimas. Virpesių mažinimo būdai.
7. Jonizuojančioji spinduliuotė, poveikis žmogaus organizmui, apsaugos priemonės.

8. Elektromagnetinė spinduliuotė, jos charakteristika. Elektromagnetinių laukų poveikis žmogaus organizmui ir apsaugos priemonės.
9. Ergonomikos samprata. Ergonomikos reikalavimai darbo vietų įrengimui. Streso įtaka saugiam darbui.

### **III. Gaisrinė sauga**

0. Degimo sistemos ir procesai. Savaiminis užsiliepsnojimas ir užsidegimas. Pliūpsnio temperatūra. Sprogimas.
1. Gamybos procesų gaisrinė klasifikacija.
2. Statybinių medžiagų ir konstrukcijų degumas. Statybinių konstrukcijų atsparumas ugniai.
3. Gaisrinės saugos reikalavimai gamybos įmonės pagrindiniam (generaliniam) planui. Gaisrinės užtvaros.
4. Žmonių evakavimas iš pastatų. Žmonių srautai. Evakavimo išėjimai ir keliai.
5. Gaisrinės saugos organizavimas.
6. Gaisrų gesinimo būdai ir medžiagos.
7. Pirminės gaisro gesinimo priemonės.
8. Gaisro signalizacija ir ryšiai. Gaisrinis vandentiekis.
9. Lengvai užsidegančių medžiagų sandėliavimas ir darbas su jomis.

### **Specialieji studijų programos klausimai ir namų darbų užduotys aplinkos inžinerijos fakulteto studentams neakivaizdininkams**

#### **Technologinių procesų sauga**

0. Elektros traumų priežastys. Elektros srovės poveikis žmogui. Patalpų klasifikavimas elektros srovės pavojingumo atžvilgiu. Apsauga nuo elektros. Pirmoji pagalba įvykus elektros traumai. Statinė elektara. Apsauga nuo žaibo.
1. Darbų saugos sprendiniai projektinėje dokumentacijoje.
2. Darbų saugos sprendiniai statybos darbų technologijos projekte.
3. Darbų sauga atliekant žemės kasimo ir konstrukcijų montavimo darbus.



4. Klojinių įrengimo darbų sauga. Armavimo ir betonavimo darbų sauga.
5. Saugus paaukštavimo priemonių montavimas ir eksploatavimas.
6. Saugus medžiagų ir gaminių sandėliavimas. Darbų sauga atliekant mūro darbus.
7. Darbas su kranu prie elektros perdavimo linijų. Pavojingoji kranų zona.
8. Saugus kėlimo mašinų ir mechanizmų eksploatavimas.
9. Nutekamųjų vandenių valymo įrenginiai.

### **Skaičiavimo užduotys ir uždavinių sprendimo metodika**

1. Tranšėjų su vertikaliomis sienelėmis ramsčių skaičiavimas (1).
2. Vienarūšio grunto karjero pastovaus šlaito kampo skaičiavimas (3).
3. Lanksčiojo kobinio skaičiavimas (5).
4. Šilumos kiekio, nutekėjusio pro langą, ir oro molekulių vidutinio laisvojo lėkio dydžio skaičiavimas (22).
5. Automobilio išmetamųjų dujų kenksmingųjų komponentų skaičiavimas (25).
6. Oro, išmetamo pro ventiliacinę angą, po valymo mechaniniais filtrais skaičiavimas (23).
7. Deguonies, ištekėjusio pro ventiliaciją iš baliono, kiekio skaičiavimas (24).
8. Vieno strypo žaibolaidžio saugos zonos skaičiavimas (16).
9. Apskritojo skerspjuvio aktyvaus veikimo tipo slopintuvo efektyvumo skaičiavimas (13).
0. Triukšmo lygio šalia gyvenamojo namo, esančio arčiausiai triukšmo šaltinio, skaičiavimas (10).

### **Uždavinių variantai**

Paskutinis studento pažymėjimo numeris	Uždavinio Nr. / Varianto Nr.			
	0	1/1	25/1	25/1
1	1/2	25/2	13/2	23/4
2	1/3	25/3	13/3	16/1
3	1/4	25/4	10/1	16/2
4	3/1	20/3	10/2	16/4
5	3/2	26/4	10/3	24/4
6	3/3	22/1	10/4	23/3
7	5/1	22/2	13/1	23/4
8	5/2	24/1	13/2	24/4
9	5/3	24/2	13/3	3/4

## **Specialieji studijų programos klausimai ir namų darbų užduotys mechanikos fakulteto studentams neakivaizdininkams**

### **Technologinių procesų sauga**

0. Darbų sauga atliekant suvirinimo darbus.
  1. Kėlimo mašinų ir mechanizmų pavojingosios zonos ir stabilumas.
  2. Potencialiai pavojingi įrenginiai ir pavojingi darbai, jų organizavimas.
  3. Saugus darbas naudojant suslėgtąsias dujas ar oro energiją.
  4. Saugi mechanizmų, įrenginių, staklių priežiūra.
  5. Pagrindiniai apsaugos nuo elektros būdai.
  6. Saugus darbas galandant įrankius.
  7. Darbų sauga apdirbant metalus metalo pjovimo staklėmis.
  8. Statinė elektra. Apsaugos nuo statinės elektros būdai ir priemonės.
  9. Saugus darbas su greitai užsiliepsnojančiais skysčiais.

### **Skaičiavimo užduotys ir uždavinių sprendimo metodika**

1. Spyruoklinių amortizatorių skaičiavimas (20).
2. Lanksčiojo kobinio skaičiavimas (5).
3. Elektros srovės saugiklių skaičiavimas (15).
4. Buitinių patalpų skaičiavimas (6).

5. Triukšmo lygio gyvenvietėje skaičiavimas (19).
6. Apsauginio aptvaro išspinduliuojamo triukšmo lygio skaičiavimas (12).
7. Aktyvaus veikimo slopintuvo skaičiavimas (13).
8. Žmonių evakavimo iš pastatų trukmės skaičiavimas (17).
9. Slėginių indų sproginimo pavojaus skaičiavimas juos bandant hidrauliniu slėgiu (19).
0. Apsauginio įžeminimo skaičiavimas (14).

### Uždavinių variantas

Paskutinis įskaitų knygelės numeris	Uždavinio Nr. / Varianto Nr.			
0	20/1	6/2	13/3	4/4
1	20/2	6/3	17/1	7/4
2	20/3	11/1	17/2	14/4
3	20/4	11/2	17/3	14/4
4	5/1	11/3	19/1	6/1
5	5/2	12/1	19/2	6/1
6	15/1	12/2	19/3	30/1
7	15/2	12/3	5/1	11/1
8	15/3	13/1	5/2	17/1
9	15/1	13/2	6/3	17/1

### Specialieji studijų programos klausimai ir namų darbų užduotys statybos fakulteto studentams neakivaizdininkams

#### Technologinių procesų sauga

0. Elektros traumų priežastys. Elektros srovės poveikis žmogui. Patalpų klasifikavimas elektros srovės pavojingumo atžvilgiu. Apsauga nuo elektros. Pirmoji pagalba įvykus elektros traumai. Statinė elektara. Apsauga nuo žaibo.
1. Darbų saugos sprendiniai projektinėje dokumentacijoje.
2. Darbų saugos sprendiniai statybos darbų technologijos projekte.

3. Darbų sauga atliekant žemės kasimo ir konstrukcijų montavimo darbus.
4. Klojinių įrengimo darbų sauga. Armavimo ir betonavimo darbų sauga.
5. Saugus paaukštinimo priemonių montavimas ir eksploatavimas.
6. Saugus medžiagų ir gaminių sandėliavimas. Darbų sauga atliekant mūro darbus.
7. Darbas su kranu prie elektros perdavimo linijų. Pavojingoji kranų zona.
8. Saugus kėlimo mašinų ir mechanizmų eksploatavimas.
9. Nutekamųjų vandenų valymo įrenginiai.

### **Skaičiavimo užduotys ir uždavinių sprendimo metodika**

1. Tranšėjų su vertikaliomis sienelėmis ramsčių skaičiavimas (1).
2. Gilesnių kaip 5 m iškasų šlaito statumo skaičiavimas (2).
3. Vienarūšio grunto karjero pastovaus šlaito kampo skaičiavimas (3).
4. Buitinių patalpų skaičiavimas (6).
5. Lanksčiojo kobinio skaičiavimas (5).
6. Statybos aikštelės tolygiojo apšvietimo skaičiavimas (8).
7. Statybos aikštelės laikino vandentiekio skaičiavimas (4).
8. Žmonių evakavimo iš pastatų trukmės skaičiavimas (17).
9. Triukšmo lygio gyvenvietėje skaičiavimas (11).
0. Medinės konstrukcijos ribinės laikančiosios galios gaisro metu skaičiavimas (18).

### **Uždavinių variantai**

Paskutinis įskaitų knygelės numeris	Uždavinio Nr./Variantas Nr.			
	0	1/1	6/1	17/1
1	1/2	6/2	17/2	8/2
2	1/3	6/1	17/3	4/1
3	1/4	5/2	14/1	17/2

4	2/1	7/3	14/2	5/1
5	2/2	7/4	14/3	5/2
6	2/3	10/1	14/4	4/1
7	3/1	10/2	21/1	6/2
8	3/2	6/1	21/2	17/1
9	3/3	6/2	21/3	4/2

## **Specialieji studijų programos klausimai ir namų darbų užduotys transporto inžinerijos fakulteto studentams neakivaizdininkams**

Žmonių sauga ir ergonomika

### **Technologinių procesų sauga**

0. Transporto triukšmas, jo mažinimo būdai ir priemonės.
1. Saugus darbas remontuojant ir techniškai prižiūrint automobilius.
2. Saugi mechanizmų, įrenginių, staklių priežiūra.
3. Saugus darbas su akumulatoriais.
4. Saugus automobilių dažymas.
5. Saugus automobilių, vartojančių suslėgtąsias arba suskystintąsias dujas, priežiūra, eksploatacija ir remontas.
6. Darbų sauga atliekant suvirinimo darbus.
7. Saugus darbas dirbant su eksploataciniais skysčiais.
8. Saugus krovinių pakrovimas, iškrovimas ir vežimas.
9. Pavojingųjų krovinių vežimas.

### **Skaičiavimo užduotys ir uždavinių sprendimo metodika**

1. Aikštelės apšvietimo skaičiavimas (8).
2. Buitinių patalpų skaičiavimas (6).
3. Aktyvaus veikimo slopintuvo skaičiavimas (13).
4. Automobilio išmetamųjų dujų kenksmingųjų komponentų skaičiavimas (25).
5. Pavojingos sprogios koncentracijos patalpoje skaičiavimas (26).
6. Darbo ir poilsio trukmės skaičiavimas (21).
7. Žaibolaidžio saugos zonos skaičiavimas (16).
8. Spyruoklinių amortizatorių skaičiavimas (20).

9. Žmonių evakavimo iš pastatų skaičiavimas (17).  
 0. Triukšmo lygio šalia gyvenvietės skaičiavimas (11).

### **Uždavinių variantai**

Paskutinis įskaitų knygelės numeris	Uždavinio Nr. / Varianto Nr.			
0	8/1	25/2	16/1	1/4
1	8/2	25/3	23/1	20/4
2	8/3	25/4	23/2	20/4
3	6/1	26/1	23/3	29/4
4	6/2	26/2	20/1	30/3
5	6/3	21/1	20/2	24/4
6	13/1	21/2	20/3	19/4
7	13/2	21/3	14/1	20/4
8	13/3	16/1	14/2	14/4
9	25/1	16/2	14/3	23/4

### **Specialieji studijų programos klausimai ir namų darbų užduotys verslo vadybos fakulteto studentams neakivaizdininkams**

#### **I. Darbuotojų saugos ir sveikatos reglamentavimas įstatymais**

0. Darbų saugos reikšmė ir uždaviniai.
1. Teisiniai darbuotojų saugos ir sveikatos dokumentai.
  2. Darbdavių ir darbuotojų pareigos saugos ir sveikatos srityje.
  3. Potencialiai pavojingi įrenginiai, jų priežiūra.
  4. Pavojingi darbai, pavojingų darbų atlikimas.
  5. Darbų saugos ir sveikatos kontrolė bei socialinė partnerystė.
  6. Darbdavių ir darbuotojų mokymas, atestavimas ir instruktavimas.
  7. Atsakomybės formos pažeidus darbų saugos reikalavimus.
  8. Nelaimingi atsitikimai darbe, jų klasifikacija ir profesinės ligos.
  9. Traumatizmo analizės metodai ir koeficientai. Darbo ir poilsio laikas.

#### **II. Darbo higiena**

0. Gamybinės aplinkos meteorologinės sąlygos, mikroklimato parametrų higieninis normavimas ir gerinimas.
1. Gamybinės dulkės, jų savybės, higieninis normavimas, dulketumo mažinimo principai.
2. Kenksmingosios cheminės medžiagos, jų poveikis žmogaus organizmui, higieninis normavimas.
3. Apšvietimo sąvokos ir vienetai. Apšvietos būdai ir sistemos, higieninis normavimas.
4. Triukšmo charakteristika, jo poveikis žmogui, higieninis normavimas.
5. Triukšmo mažinimo būdai.
6. Virpesių charakteristika, poveikis žmogaus organizmui, vibracinė liga, higieninis normavimas. Virpesių mažinimo būdai.
7. Streso įtaka saugiam darbui.
8. Jonizuojančiosios spinduliuotės charakteristika, poveikis žmogaus organizmui, higieninis normavimas.
9. Elektromagnetinės spinduliuotės charakteristika, poveikis žmogaus organizmui, higieninis normavimas ir apsaugos priemonės.

### **III. Ergonomika**

0. Ergonomikos samprata.
1. Ergonomikos mokslo vystymosi istorija.
2. Ergonomikos ir kitų mokslo šakų sąsajos.
3. Ergonomikos tyrimo metodologija.
4. Dešimt fizikinių ergonomikos principų.
5. Dešimt ergonomikos pažinimo principų.
6. Raumenų darbas (fiziologiniai principai, energijos sąnaudos).
7. Judesių valdymas nervų sistema (psichologiniai principai, refleksai ir įgūdžiai).
8. Darbo efektyvumo kėlimas (optimalus raumenų jėgos panaudojimas).
9. Darbo vietų projektavimas.

### **IV. Gaisrinė sauga**

0. Degimo sistemos ir procesai.
1. Gamybos procesų gaisrinė klasifikacija.
2. Statybinių medžiagų ir konstrukcijų degumas.
3. Statybinių konstrukcijų atsparumas ugniai.
4. Žmonių evakavimas iš pastatų.
5. Evakavimo išėjimai ir keliai.
6. Gaisrų gesinimo būdai ir medžiagos.
7. Pirminės gaisro gesinimo priemonės.
8. Gaisrinė signalizacija ir ryšiai.
9. Gaisrinis vandentiekis.

### **Uždavinių sprendimo metodika ir skaičiavimo užduotys**

1. Objekto buitinių patalpų skaičiavimas (8).
2. Laikinių sandėliavimo aikštelių plotų skaičiavimas (9).
3. Darbo ir poilsio trukmės skaičiavimas (24).
4. Statybos aikštelės elektrinio apšvietimo skaičiavimas (10).
5. Apšvietimo skaičiavimas šviesos srauto išnaudojimo koeficiento metodu (12).
6. Triukšmo šaltinių lygių skaičiavimas (13).
7. Triukšmo lygio gyvenamoje vietovėje nustatymas (14).
8. Žmonių evakavimo iš pastatų trukmės skaičiavimas (20).
9. Medinių konstrukcijų ribinės laikančiosios galios gaisro atveju skaičiavimas (21).
0. Apsauginio įžeminimo skaičiavimas (17).

### **Uždavinių variantai**

Paskutinis įskaitų knygelės numeris	Uždavinio Nr. / Varianto Nr.		
0	1/1	4/1	8/1
1	1/2	4/2	8/2
2	1/3	5/1	8/3
3	1/4	5/2	9/1
4	2/1	5/3	9/2
5	2/2	5/4	9/3
6	2/3	6/1	9/4



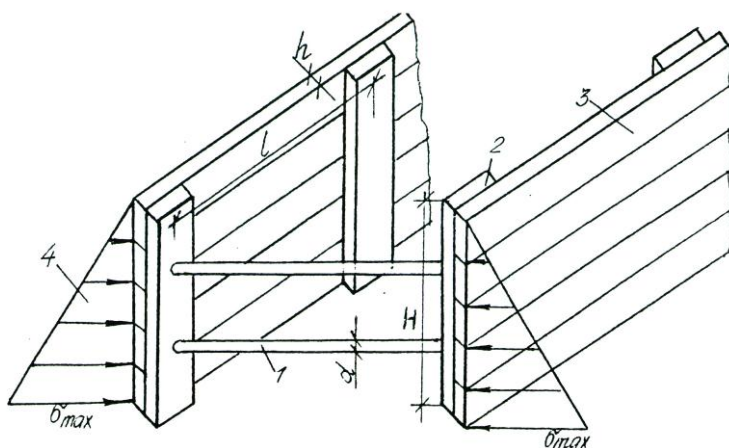
7	3/1	6/2	10/1
8	3/2	7/1	10/2
9	3/3	7/2	10/3

## Uždavinių skaičiavimo metodika

### 1. Tranšėjų su vertikaliomis sienelėmis ramsčių skaičiavimas

Kasamų tranšėjų su stačiais šlaitais, gilesnių kaip 3,0 m, laikini sutvirtinimai skaičiuojami sudarant statybos darbų technologinį projektą ir priklauso nuo grunto būklės, šalia esančių požeminių komunikacijų ir statinių, tranšėjos gylio ir pločio.

Natūralaus drėgnumo rišliuosiuose gruntuose tranšėjų vertikaliuos sienelės paramstomos lentomis su protarpiais per vieną lentą, biriuosiuose ir padidėjusio drėgnumo gruntuose – ištiesai, dedant lentes už vertikalių statramsčių ir paremiant spyriais (1.1 pav.). Tokių ramsčių spyriai daromi skečiamieji.



**1.1 pav.** Lentinių ramsčių schema: 1 – spyrys; 2 – statramsčiai; 3 – lentos; 4 – grunto slėgio diagrama

Ramsčius skaičiuojame esant aktyviajam grunto slėgiui. Biriųjų gruntų didžiausias šoninis slėgis, kai sankibos jėgos tarp dalelių nedidelės, nustatomas pagal formulę:

$$\sigma_{\max} = \gamma \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (1.1)$$

čia  $\gamma$  – grunto vienetinis svoris,  $\text{kN/m}^3$ ;  $H$  – iškasos gylis, m;  
 $\varphi$  – grunto natūralaus byrėjimo kampas (rišliams gruntams –  
vidaus trinties kampas), laipsniais.

Rišliuosiuose gruntuose didžiausias šoninis slėgis nustatomas pagal formulę:

$$\sigma_{\max} = \gamma \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) - 2c \cdot \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (1.2)$$

čia  $c$  – grunto sankiba, kPa.

Kasant tranšėjas mechanizmais, viršutinis grunto sluoksnis išpu-  
renamas ir netenka rišlumo. Dėl to antrąją formulės narį kai kuriais  
atvejais galima atmesti.

Atstumas tarp statramsčių:

$$l = 1440 \frac{h}{\sqrt{1000 \cdot \sigma_{\max}}}, \quad (1.3)$$

čia  $h$  – lentų storis, m.

Nustatome skaičiuojamąją apkrovą į apatinį ( $F_a$ ) ir viršutinį ( $F_v$ )  
spyrius:

$$F_a = \sigma_{\max} \cdot H \cdot \frac{l}{3}, \quad (1.4)$$

$$F_v = \sigma_{\max} \cdot H \cdot \frac{l}{6}. \quad (1.5)$$

Pagal didžiausiąją apkrovą ( $F_a$ ) apskaičiuojame spyrio skaičiuojamąjį skerspjūvį:

$$A = \frac{F_a}{R_c}, \quad (1.6)$$

čia  $R_c$  – medienos skaičiuojamasis stipris, nustatytas 14 700 kPa.

Tuomet medinio spyrio skersmuo:

$$d = \sqrt{4 \frac{A}{\pi}}. \quad (1.7)$$

Suskaičiavę gauname, kad esant tranšėjos gyliui  $H$  ir įrengiant ramsčius iš lentų storio  $h$ , statramsčiai išdėstomi vienas nuo kito atstumu  $l$ , o spyrių skerspjūvio plotas  $A$  bei skersmuo  $d$ .

**Užduotis.** Apskaičiuoti tranšėjų su vertikaliomis sienelėmis medinio spyrio skerspjūvį.

**Duota:**

Varianto Nr.	$H$ , m	$\gamma$ , kN/m <sup>3</sup>	$\varphi$ , °C
1	6	16,8	42
2	8	22,5	35
3	5	22,5	42
4	6	16,8	35

## 2. Gilesnių kaip 5 m iškasų šlaito statumo skaičiavimas

Nustatant iškasos pastovaus šlaito profilį, galima įvertinti šiuos veiksnius:

- atskirų grunto sluoksnių charakteristikų pakitimus;
- šlaito bermos papildomąją apkrovą.

Tuomet iškasos šlaito atstumas skaičiuojamas pagal tokią formulę:

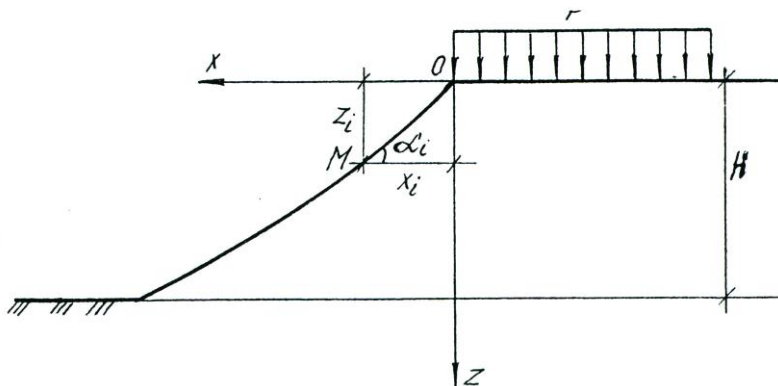
$$x_i = \frac{1}{\gamma \cdot tg^2 \cdot \varphi} \cdot \left\{ \gamma \cdot z_i \cdot tg\varphi + c \cdot \ln(p \cdot tg\varphi + c) - c \cdot \ln[tg\varphi(\gamma \cdot z_i + p) + c] \right\}, \quad (2.1)$$

čia  $x_i$  – i-tojo taško iškasos šlaito abscisė, m;  $z_i$  – i-tojo taško iškasos šlaito ordinatė, m;  $\gamma$  – grunto vienetinis svoris,  $\text{kN/m}^3$ ;  $\varphi$  – grunto vidaus trinties kampas, laipsniais;  $c$  – grunto sankiba, kPa;  $p$  – tolygiai išskirstyta apkrova prie iškasos šlaito krašto,  $\text{kN/m}^2$ .

Pirmiausia apskaičiuojame pastoviųjų dydžių reikšmes:

$$\frac{1}{\gamma \cdot tg^2 \cdot \varphi} \text{ ir } c \cdot \ln(p \cdot tg\varphi + c), \quad (2.2)$$

Iškasos šlaito abscisės  $x_i$  reikšmė skaičiuojama kiekvienam iškasos šlaito natūraliai susidariusio vienarūšio grunto sluoksnio gyliui nuo 1–2 m aukščio, t. y.:  $z_1 = 1$ ;  $z_2 = 2$ ;  $z_3 = 4$ ; ...  $z_i = n$  (2.1 pav.).



**2.1 pav.** Šlaito profilio skaičiuojamoji schema

Patogiausia skaičiuoti pagal sudarytą tokią 2.1 lentelę:

**2.1 lentelė**

1	$z_i$	1	2	4	.	.	.	.	n
2	$\gamma \cdot z_i$								
3	$\gamma \cdot z_i \cdot \operatorname{tg}\varphi$								
4	$c \cdot \ln(p \cdot \operatorname{tg}\varphi + c) + \gamma \cdot z_i \cdot \operatorname{tg}\varphi$								
5	$\gamma \cdot z_i + p$								
6	$\operatorname{tg}\varphi(\gamma \cdot z_i + p)$								
7	$\operatorname{tg}\varphi(\gamma \cdot z_i + p) + c$								
8	$c \cdot \ln[\operatorname{tg}\varphi(\gamma \cdot z_i + p) + c]$								
9	4 ir 8 grafų skirtumas								
10	$x_i = \frac{1}{\gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \cdot \varphi}$								

Atidėjus mastelyje apskaičiuotas  $x_i$  reikšmes ir jas tarpusavyje sujungus, gaunamas iškasos pastovaus šlaito profilis.

Skaičiavimo patogumui 2.2 lentelėje nurodyti kai kurių gruntų parametrai.

### 2.2 lentelė. Kai kurių gruntų parametrai

Gruntas	Grunto vienetinis svoris $\gamma$ , kN/m <sup>3</sup>	Grunto vidaus trinties kampas $\varphi$ , laipsniais	Sankiba $c$ , kPa
1	2	3	4
Smėlis	16,8	42	18
Priesmėlis:			
▪ kietas	22,5	35	64
▪ plastiškas	22,4	32	16
Priemolis:			
▪ kietas	22,4	30	82
▪ pusketis	22,3	29	48
▪ kietai plastiškas	22,2	29	32
▪ minkštai plastiškas	21,8	29	28

**Užduotis.** Apskaičiuoti ir grafiškai pavaizduoti iškasos pastovaus šlaito parametrus.

**Duota:**

Varianto Nr.	$z$ , m	$\gamma$ , kN/m <sup>3</sup>	$\varphi$ , °	$c$ , kPa	$p$ , kN/m <sup>3</sup>
1	10	22,5	35	64,0	12,0
2	7	22,2	29	32,0	10,5
3	9	22,4	30	48,0	14,5
4	8	22,7	27	40,0	12,5

### 3. Vienarūšio grunto karjero pastovaus šlaito kampo skaičiavimas

Leistinas kasavietės gylis, eksploatuojant karjerus atviru būdu, yra nuo 30–40 m, o kai kuriais atvejais ir didesnis.

Potencialiems pavojams nuspėti kasavietės šlaito pastovumas yra sprendžiamas statybos darbų technologijos projekte. Sprendimo pagrindą sudaro kasavietės saugaus šlaito nuolydžio kampo nustatymas.

Kasavietės šlaito nuolydis (šlaito kampas su horizontale  $\alpha$ ) priklauso nuo šlaitą sudarančių gruntų savybių: vidinės trinties kampo  $\varphi$  (matuojamas laipsniais), sankibos  $c$  (matuojamas kPa) ir vienetinio svorio  $\gamma$  (matuojamas kN/m<sup>3</sup>). Kai šlaitą sudaro moliniai, sankabieji grunta (priesmėlis, priemolis, molis), jo nuolydis priklauso ir nuo šlaito aukščio  $h$  (matuojamas m).

Remiantis šlaitą sudarančio grunto savybėmis, apskaičiuojamas ribinio pastovumo šlaito kampas  $\alpha$ , t. y. toks šlaito kampas, kurį ir nežymiai padidinus, gruntas nuo šlaito byra (kai gruntas birusis: smėlis, žvyras) arba grunto masyvas slysta žemyn (kai grunta moliniai).

Ribinio pastovumo šlaito kampas  $\alpha$ , kai šlaitą sudaro birieji grunta ( $c = 0$ ), lygus grunto vidinės trinties kampui  $\varphi$ , t. y.

$$\alpha = \varphi, \quad (3.1)$$

ir nepriklauso nuo šlaito aukščio. Kai šlaitą sudaro sankabieji moliniai gruntai ( $c > 0$ ), šlaitas gali būti ir vertikalus (vertikali siena). Didžiausias jo aukštis randamas pagal formulę:

$$H = 2 \frac{c}{\gamma}. \quad (3.2)$$

Jeigu šlaitas aukštesnis nei apskaičiuotas, tai jis bus nuolaidus.

Ribinis pastovumo šlaito kampas  $\alpha$  moliniams gruntams apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi + \frac{c}{p}, \quad (3.3)$$

čia  $p = \gamma \cdot h$  – vidutinis slėgis nuo grunto svorio šlaito pado lygyje, kPa.

Karjerų šlaitai turi būti pastovūs, t. y. šlaito kampas turi būti mažesnis už ribinio pastovumo šlaito kampą. Pastovaus šlaito kampas  $\alpha_p$  randamas dalinant ribinio pastovumo šlaito kampą iš pastovumo koeficiento  $k$ , t. y.

$$\alpha_p = \frac{\alpha}{k}. \quad (3.4.)$$

Pastovumo koeficiento  $k$  didumas parenkamas atsižvelgiant į karjero eksploatavimo laiką. Jei laikas ilgesnis kaip 10 metų, tai  $k = 1,5$ – $1,8$ . Šiuo atveju šlaitas bus pastovus, kai jį veiks atmosferos krituliai.

### **Pavyzdys**

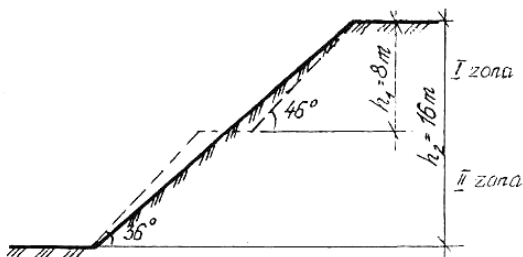
Karjeras – vienaarūšio grunto.



Rasti pastovaus šlaito kampą, kai kasavietės gylis 16 m,  $\gamma = 20$  kN/m<sup>3</sup>, vidinės trinties kampas  $\varphi = 30^\circ$ , sankiba  $c = 120$  kPa ir šlaito pastovumo koeficientas  $k = 1,3$ .

*Sprendimas.*

Remiantis ekskavatoriaus kasimo parametrais, suskirstome kasavietės pakopas po 8 m (3.1 pav.).



**3.1 pav.** Vienarūšio grunto pastovaus šlaito skaičiuojamoji schema

Randame grunto slėgį šlaito apačioje  $h_2$  (II zona):

$$P_2 = \gamma \cdot h_2 \text{ (kPa)}.$$

Nustatome ribinį šlyties kampą  $tg \alpha$  :

$$tg \alpha = tg \varphi + \frac{c}{P_2}.$$

Nustatome pastovaus šlaito kampą  $tg \alpha_{P_2}$  :

$$tg \alpha_{P_2} = \frac{tg \alpha}{k};$$

$$\alpha_{p_2} = 36^0 .$$

Taip pat skaičiuodami viršutinę pakopą (I zona), kai  $h_1 = 8$  m, gauname reikšmę  $\alpha_{p_1} = 46^0$  .

Išvados: .....

**Užduotis.** Apskaičiuoti ir grafiškai pavaizduoti vienaarūšio grunto karjero pastovaus šlaito kampą.

**Duota:**

Varianto Nr.	$h$ , m	$\gamma$ , kN/m <sup>3</sup>	$\varphi$ , °	$c$ , kPa
1	15	20	30	120
2	17	20	30	120
3	14	20	30	120
4	18	20	30	120

#### 4. Statybos aikštelės laikino vandentiekio skaičiavimas

Laikinas vandentiekis statybos aikšteleje reikalingas gamybos, ūkiniams-buitiniams ir gaisriniais poreikiams.

Laikini vandentiekio tinklai paprastai turi būti žiediniai. Akla-vietės vandentiekio tinklai gali būti ne ilgesni kaip 200 m. Vandeniui paimti įrengiami ne mažiau kaip du gaisriniai hidrantai 150 m atstumu vienas nuo kito, taip pat ne toliau kaip 2,5 m nuo kelių ir priva-žiavimų. Nuo pastatų hidrantai įrengiami ne toliau kaip 50 m ir ne arčiau kaip 5 m. Pagrindiniame statybos plane ant išdėstytų laikino vandentiekio tinklų turi būti nurodyti vamzdžių diametrai ir ilgiai.

Vandens poreikis skaičiuojamas pagal suvartojimo normas kiekvienam vartotojui, kurių sudėtis ir skaičius surandami kalendori-niame grafike pagal maksimalią pamainą.

Skaičiuojamasis (maksimalus) vandens poreikis nustatomas pa-gal tokią formulę:

$$q_g = 1,2 \sum \frac{q_v \cdot k_1}{t \cdot 3600}, \quad (4.1)$$

čia  $q_g$  – vandens poreikis gamybai, l/s; 1,2 – neįvertinto vandens poreikio koeficientas;  $q_v$  – vidutinis vandens poreikis gamybos reikalams per pamainą, m<sup>3</sup> (4.1 lentelė);  $k_1$  – vandens suvartojimo netolygumo koeficientas (4.2 lentelė);  $t$  – darbo valandų skaičius pamainoje.

**4.1 lentelė.** Vandens poreikio normos gamybos reikalams

Gamybos procesas ar vandens vartotojas	Mato vnt.	Poreikio norma, l
1	2	3
Skiedinio paruošimas	1 m <sup>3</sup>	200–300
Betono paruošimas	1 m <sup>3</sup>	250–300
Betono laistymas	1 m <sup>3</sup> per parą	300
Mūro darbai	1000 vnt.	90–180
Tinkavimo darbai	1 m <sup>2</sup>	7–8
Dažymo darbai	1 m <sup>2</sup>	0,5–1,0
Ekskavatoriaus darbas	1 maš. h	10–15
Kompresoriaus darbas	KW h	22–29

$$q_{\bar{u}k} = \frac{D}{3600} \left( \frac{n_1 k_1}{t} + n_2 k_2 \right), \quad (4.2)$$

čia  $q_{\bar{u}k}$  – vandens poreikis ūkiniams-buitiniams reikalams, l/s;  $D$  – darbininkų skaičius per maksimalią pamainą;  $n_1$  – vandens norma vienam darbuotojui per pamainą (20–25 l, kai aikštelėje yra kanalizacija, ir 10–15 l, kai nėra kanalizacijos);  $n_2$  – vandens norma vienam žmogui, jei prausiamasi po dušu (nustatoma 30 l);  $k_2$  – koeficientas, įvertinantis vienu metu besinaudojančių dušu santykį su maksimaliu pamainos darbininkų skaičiumi (nustatoma 0,3–0,4).

Gaisrams gesinti minimaliai reikia dviejų, tuo pačiu metu veikiančių iš hidrantų, vandens čirurkšlių po 5 l/s, t. y.  $q_{gr} = 5 \cdot 2 = 10$  l/s. Toks vandens kiekis reikalingas gaisrui gesinti, kai objekto statybos aikštelės plotas iki 10 ha.

**4.2 lentelė.** Valandinio vandens suvartojimo netolygumo koeficientas

Vandens vartotojų grupė	$k_1$
▪ Statybos montavimo darbai	1,6
▪ Pagalbinė gamyba	1,25
▪ Jėginių įrenginiai	1,1
▪ Transporto įmonės	2
▪ Higieniniai, buitiniai poreikiai	2,7

Suminis vandens poreikis:

$$Q = q_g + q_{\text{ūk}} + q_{gr} \text{ (l/s)} \quad (4.3)$$

**Užduotis.** Apskaičiuoti vandens poreikį statybos aikštelėje. Statybos objektas – 20 butų gyvenamasis namas.

**Duota:**

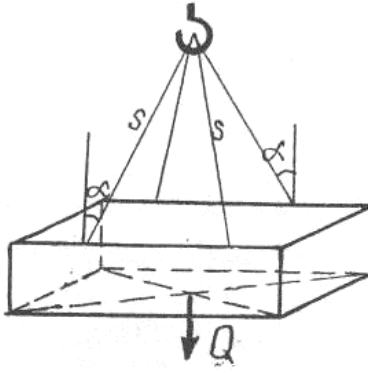
Varianto Nr.	Darbininkų skaičius pamainoje
1	45
2	40
3	25
4	20

## 5. Lanksčiojo kobinio skaičiavimas

Surandame kobinio atšakoje veikiančiąją įrąžą  $S$ :

$$S = \frac{Q \cdot k_p}{n \cdot k_i}, \quad (5.1)$$

čia  $S$  – įrąža, kN;  $Q$  – keliamo krovinio masė, kN;  $n$  – kobinio atšakų skaičius;  $k_p$  – koeficientas, priklausantis nuo kobinio atšakos kampo su vertikale;  $k_i$  – nevienodų atšakų apkrovos koeficientas, kai  $n = 4$ ,  $k_i = 0,75$ , jei  $n < 4$ ,  $k_i = 1$ .



**5.1 pav.** Schema kobinio įtempiams skaičiuoti

Bendruoju atveju kobinio stiprumas turi tenkinti sąlygą:

$$P \geq S \cdot k . \quad (5.2)$$

čia  $P$  – lyno trūkio jėga, kPa;  $S$  – krovinio masė, tenkanti vienai kobinio atšakai, kN;  $k$  – lyno stiprumo atsargos koeficientas, imamas  $k = 6$ .

Koeficiento  $k_p$  ir kampo  $\alpha^0$  priklausomybė pateikta 6.1 lentelėje.

**5.1 lentelė.** Koeficiento  $k_p$  ir kampo  $\alpha^0$  priklausomybė

$\alpha^0$	0	15	30	45	60
$k_p$	1,00	1,03	1,15	1,42	2,00

Iš 5.2 lentelės parenkame plieninio lyno parametrus: lyno skersmenį, lyno svorį, lyno trūkio jėgą.

**5.2 lentelė.** Plieninio lyno parametrai

Lyno skersmuo, mm	100 m lyno svoris, kg	Lyno trūkio jėga $P$ , N
1	2	3
11	435	52 050
14,5	715	99 000
17,5	1 070	147 500
19,5	1 275	176 500
21	1 495	207 000
22,5	1 735	240 000
24	1 990	275 500
27	2 555	354 000
29	2 860	396 500
32	3 530	489 500
35	4 270	592 000
38,5	5 080	704 000

**Užduotis.** Apskaičiuoti lankstųjį kabinį.

**Duota:**

Varianto Nr.	$Q$ , kN	$n$	$\alpha$ , °
1	120	4	42
2	90	4	45
3	100	4	40
4	95	4	40

## 6. Buitinių patalpų skaičiavimas

Statybos objekte dirbantys asmenys aprūpinami higieniniais ir buitineis reikmenimis. Tam reikalui projektuojamos laikinosios buitinės patalpos, skirtos specialiujų rūbų laikymui, darbuotojų asmenų higienai, poilsiui, apšilimui, medicininėms paslaugoms ir maitinimui. Geriausia statybos aikštelėje įrengti inventorines buitines patalpas. Jų tipą reikia pasirinkti atsižvelgiant į statybos trukmę:

- surenkamosios, jei > 1,5 metų;
- konteineriniai – 6–18 mėn.;
- kilnojamosios – iki 6 mėn.

Projektuojant laikinąsias buitines patalpas, galima sujungti persirengimo kambarį su prausykla, dušinę su prausykla, persirengimo kambarį su dušine ar džiovinimo patalpa, valgyklą su poilsio kambariu ir apšilimo patalpa.

Buitinės patalpos gali būti skaičiuojamos dviem būdais: kai žinoma objekto metinė darbų programa arba kai yra statybos darbų kalendorinis grafikas ir darbo jėgos poreikio grafikas.

Darbų organizavimo projekto (DOP) metu naudojamas pirmasis būdas. Buitinių patalpų poreikis skaičiuojamas pagal tokią metodiką.

Nustatome bendrą darbuotojų skaičių pagal formulę:

$$D = \frac{V}{V_1}, \quad (6.1)$$

čia  $V$  – objekto metinė statybos darbų apimtis, Lt;  $V_1$  – vieno darbuotojo normatyvinis metinis išdirbis, Lt.

Pasirenkame, kad statybos aikštelėje dirbs 70 % vyrų ir 30 % moterų. Tuomet  $D_v = 0,7D$  ir  $D_m = 0,3D$ .

Pagal kategorijas darbuotojai skirstomi taip:

- bendras darbininkų skaičius:

$$D_d = k_d \cdot D, \quad (6.2)$$

- inžinieriai ir technikos darbuotojai:

$$D_i = k_i \cdot D, \quad (6.3)$$

- žemesnis aptarnaujantis personalas:

$$D_z = k_z \cdot D, \quad (6.4)$$

čia  $k_d$ ,  $k_i$ ,  $k_z$  – normatyviniai koeficientai, įvertinantys darbuotojų kategorijas pagal statybos šakas ir rūšis (6.1 lentelė).

Maksimalus darbininkų skaičius per pamainą:

$$D_{\max v}^p = k_n \cdot D_v \text{ ir } D_{\max m}^p = k_n \cdot D_m, \quad (6.5)$$

čia  $k_n$  – normatyvinis koeficientas, įvertinantis maksimalų darbininkų skaičių per pamainą, yra lygus 0,7–0,88.

**6.1 lentelė.** Darbuotojų kategorijų normatyviniai koeficientai

Statybos šaka arba rūšis	Koeficientų reikšmės		
	$k_d$	$k_i$	$k_z$
1	2	3	4
Pramoninė	0,826–0,856	0,11–0,127	0,04–0,053
Pramoninė mieste	0,787	0,134	0,079
Energetinė ŠES, AES	0,846	0,117	0,037
Gyvenamoji civilinė	0,85	0,08	0,07
Miesto inžinerinės komunikacijos ir statiniai	0,789–0,837	0,123–0,11	0,029–0,047

Antruoju būdu laikinąsias buitines patalpas skaičiuojame rengdami technologinį statybos darbų projektą (SDTP). Tuomet remiantis statybos darbų kalendoriniu grafiku ir darbo jėgos poreikio grafiku tiksliai nustatoma darbuotojų sudėtis statybos laikotarpiui. Toliau sprendžiame kaip ir pirmuoju atveju, o darbininkų skaičių pasirenkame pagal maksimalų darbininkų poreikį per pamainą.

Nustatome buitinių patalpų plotą ir įrenginius pagal  $i$ -tojo kambario paskirtį:

$$A_v^i = k_i^v \cdot D_{\max v}^p \text{ ir } A_m^i = k_i^m \cdot D_{\max m}^p, \quad (6.6)$$

čia  $k_i$  – normatyvinis koeficientas, įvertinantis patalpų plotą ir įrenginius (6.2 lentelė).

**6.2 lentelė.** Laikinių buitinių patalpų plotų ir įrenginių normatyviniai rodikliai

Patalpos pavadinimas	Plotas 1 žm., m <sup>2</sup>	Įrenginiai
1	2	3
Rūbinė	0,9	1 dvejų durų spinta



<b>Patalpos pavadinimas</b>	<b>Plotas 1 žm., m<sup>2</sup></b>	<b>Įrenginiai</b>
1	2	3
Rūbinė	0,9	1 dvejų durų spinta
Apšilimo, poilsio patalpos ir valgomasis	1	–
Prausyklos	0,05	1 čiaupas 15 žm.
Moterų asmeninės higienos patalpa	0,18	1 kabina 15–100 moterų
Dušinės	0,43	1 tinklelis 12 žm.
Tualetas	0,07	1 unitazas 15 žm. 2 unitazai 70 vyrų arba 30 moterų
Drabužių džiovinimo patalpa	0,2	–
Valgykla	0,6	1 sėdima vieta 4 žm.
Kontora	4	–

**Užduotis.** Apskaičiuoti laikinųjų surenkamųjų buitinių patalpų reikalingus plotus.

**Duota.** Metinė statybos darbų apimtis ( $V$ ) – 1 000 000 Lt. Normatyvinis darbuotojo išdirbis ( $V_1$ ) lygus 25 000 Lt.

## 7. Laikinių sandėliavimo aikštelių plotų skaičiavimas

Laikinių sandėliavimo aikštelių plotai pirmiausia priklauso nuo medžiagų ir konstrukcijų kiekio bei tūrio.

Minimalios pasirinktų medžiagų ir konstrukcijų atsargos sandėlyje, garantuojančios nenutrūkstamą statybos darbų eigą, apskaičiuojamos pagal formulę:

$$q = \frac{Q_{\max} \cdot \alpha}{T} \cdot n \cdot k, \quad (7.1)$$

čia  $Q_{\max}$  – maksimalus resursų poreikis statybai tam tikru skaičiuojamuoju periodu (iš statybos kalendorinio grafiko (natūriniais vienetais per parą));  $\alpha$  – koeficientas, įvertinantis resursų pristatymo į

statybos objekto sandėliavimo aikštelę netolygumą ir priklausantis nuo transporto rūšies: geležinkeliu – 1,1; vandens transportu – 1,2; automobiliais – 1,3;  $T$  – skaičiuojamojo periodo trukmė paromis;  $n$  – resursų atsargų sandėlyje norma dienomis, įvertinanti resursų ir transporto rūšis bei vežimo atstumą (pateikta 7.1 lentelėje);  $k$  – koeficientas, įvertinantis resursų sunaudojimo netolygumą, pasirenkamas lygus 1,3.

**7.1 lentelė.** Statybinių konstrukcijų ir medžiagų atsargų norma sandėlyje ( $n$ ) dienomis

Medžiagų, konstrukcijų, detalių pavadinimai	Transporto rūšis			
	Geležinkelis, kai atstumas km		Autotransportas, kai atstumas km	
	>100	≤100	≤15	>15
1	2	3	4	5
Nerūdinės medžiagos, užpildai (smėlis, žvyras)	14–30	10–16	6–10	10–18
Naftos produktai	10–35	5–10	–	–
Miško medžiaga:				
▪ apvalioji	–	10–30	5–10	8–15
▪ pjaustyta	15–40	10–20	5–8	8–15
Plytos, cementas, keramika	10–20	5–10	3–5	7–12
Metalas, armatūra	20–50	10–20	5–10	12–15
Metalo konstrukcijos	20–60	10–30	5–15	10–20
Cheminiai gaminiai	20–90	10–40	5–20	10–30
Surenkamosios konstrukcijos, stogo medžiagos	20–30	15–20	3–7	5–10

Bendrasis reikalingas sandėlio plotas  $A$ , t. y. plotas su reikalingais įėjimais, įvažiavimais, komplektavimo ir rūšiavimo vietomis, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$A = \frac{q}{v \cdot \beta}, \quad (7.2)$$

čia  $v$  – resursų sandėliavimo norma, t. y. jų kiekis, telpančis į 1 m<sup>2</sup> sandėlio (pateikta 7.2 lentelėje), natūr., vnt./m<sup>2</sup>;  $\beta$  – koeficientas,

įvertinantis sandėlio ploto išnaudojimo lygį ir priklausantis nuo sandėlio tipo: a) atvirasis medinių konstrukcijų – 0,4; b) atvirasis metalinių konstrukcijų – 0,5; c) atvirasis nerūdinių medžiagų – 0,6.

**7.2 lentelė.** Statybinių konstrukcijų ir medžiagų kiekis, telpantis į 1 m<sup>2</sup> sandėlio ploto (laikymo sandėlyje norma v)

Konstrukcijos ar medžiagos pavadinimas	Mato vnt.	Laikymo sandėlyje norma
1	2	3
Nerūdinės medžiagos (smėlis, žvyras)	m <sup>3</sup>	3–4
Plytos	vnt.	700
Cementas	tonos	13–18
Langų stiklas	m <sup>2</sup>	200
Ruberoidas	ritiniai / tonos	20/0,7
Mediena:		
▪raštai	m <sup>3</sup>	1,5
▪pjaustyta	m <sup>3</sup>	1,5
Keraminiai blokėliai	vnt.	425
Langai ir durys	m <sup>2</sup>	45
Metalo konstrukcijos	tonos	0,6
Elektros įranga	tonos	0,3
Instrumentai	tonos	1,0
Dažai	tonos	0,8
Gelžbetoninės kolonos	m <sup>3</sup>	0,8
Perdangų plokštės	m <sup>3</sup>	1,0
Sienų plokštės	m <sup>3</sup>	0,6
Pamatų blokai	m <sup>3</sup>	0,7

**Užduotis.** Apskaičiuoti laikinųjų sandėliavimo aikštelių plotus gyvenamojo namo statybai naudojamoms medžiagoms laikyti.

**Duota.** Statybos darbų metu naudojamos šios statybinės medžiagos: smėlis, cementas, plytos, perdangų plokštės. Transporto rūšis – automobiliai. Skaičiuojamasis periodas – 25 dienos.

## 8. Statybos aikštelės tolygiojo apšvietimo skaičiavimas

Projektuojant statybos aikštelių elektrinį apšvietimą, reikia vadovautis HN 98:2000. Ekonomiškumas, apšvietimo kokybė ir patogi eksploatacija priklauso nuo racionalaus šviestuvų išdėstymo. Statybos aikštelė turi būti tolygiai apšviesta. Be to, apšviestumas, neatsižvelgiant į šviestuvų tipą, turi būti ne mažesnis kaip 2 lx.

Bendrasis statybos aikštelių apšvietimas įrengiamas numatant:

- šviestuvus su kaitrinėmis lempomis, kai statybos aikštelės plotis nesiekia 20 m;
- šviestuvus su dujinėmis lempomis, DRI tipo, kai statybos aikštelės plotis nesiekia 150 m;
- prožektorius su kaitrinėmis lempomis, kai statybos aikštelės plotis 150–300 m.

Šviestuvai išdėstomi šachmatine arba stačiakampio formos tvarka. Jų pakabinimo aukštis  $h = 6-7$  m; atstumas tarp jų  $l = (4-7) h$ .

Pagrindiniame statybos plane virš važiuojamosios kelio dalies šviestuvai kabinami ne žemiau kaip 6,5 m.

Statybos aikštelės apšvietimui, naudojant kaitrines lempas, reikalingas vieno šviestuvo lempos šviesos srauto galingumas nustatomas pagal formulę:

$$F = \frac{2,72A \cdot E_n}{n}, \quad (8.1)$$

čia  $F$  – lempos šviesos srauto galingumas, lm;  $A$  – statybos aikštelės plotas,  $m^2$ ;  $E_n$  – apšvietumo norma, lx ( $E_n = 2$  lx);  $n$  – šviestuvų skaičius, vnt.

Kaitrinių lempų šviesos srauto galingumo duomenys pateikti 8.1 lentelėje.

**8.1 lentelė.** Kaitrinių lempų šviesos srauto galingumas

Lempas galingumas, W	Lempas tipas	Šviesos srauto galingumas $F$ , lm
		220 V
1	2	3

Lempos galingumas, W	Lempos tipas	Šviesos srauto galingumas $F$ , lm
		220 V
1	2	3
60	BK	790
100	B	1 350
100	BK	1 450
150	G	2 000
150	B	2 100
200	B	2 920
200	G	2 800
300	G	4 600
500	G	8 300
750	G	13 100
1 000	G	18 600
1 500	G	29 000

Statybos aikštelės apšvietimui panaudojus prožektorius, apytikris jų skaičius nustatomas lyginamojo galingumo skaičiavimo metodu. Skaičiuojami formulė tokia:

$$P = 0,25E_n \cdot K, \quad (8.2)$$

čia  $P$  – lyginamasis galingumas, W/m<sup>2</sup>;  $E_n$  – apšvietumo norma, lx ( $E_n = 2$  lx);  $K$  – atsargos koeficientas,  $K = 1,5$ .

Prožektorių skaičius nustatomas taip:

$$n = \frac{P \cdot A}{P_L}, \quad (8.3)$$

čia  $n$  – prožektorių skaičius, vnt.;  $A$  – statybos aikštelės plotas, m<sup>2</sup>;  $P_L$  – prožektoriaus galingumas, W.

Prožektoriaus lempos galingumas ir minimalus pakabinimo aukštis pateiktas 8.2 lentelėje.

Minimalų prožektoriaus pakabinimo aukštį galima apskaičiuoti pagal tokią formulę:

$$H_{\min} \geq 0,058\sqrt{J_0}, \quad (8.4)$$

čia  $J_0$  – maksimali ašinė prožektoriaus šviesos jėga, ŽV; PZS – 35-ojo tipo prožektoriams yra lygi 50 000 ŽV; PZS – 45–130 000 ŽV.

**8.2 lentelė.** Prožektorių galingumas ir jų minimalus pakabinimo aukštis

Prožektoriaus tipas	Lempos		Minimalus pakabinimo aukštis, m
	tipas	galingumas, W	
1	2	3	4
PZS–25	G	200	2
PZS–35	G	500	15
PZS–45	G	1 000	22
PSM–30–I	G	200	10
PSM–40–I	G	500	15
PSM–50–I	G	1 000	22

**Užduotis.** Apskaičiuoti statybos aikštelės tolygų apšvietimą.

**Duota:**

Varianto Nr.	Statybos aikštelės plotas A, m <sup>2</sup>
1	5 000
2	4 000
3	6 000
4	7 000

## 9. Apšvietimo skaičiavimas šviesos srauto išnaudojimo koeficiento metodu

Šiuo metodu apskaičiuojamas bendrasis vidutinis patalpos apšvietimas, atsižvelgiant į tiesioginius ir atsispindėjusius šviesos srautus.

Horizontalaus paviršiaus apšvietimui reikalingas vienos lempos šviesos srautas yra lygus:

$$F = \frac{E_n \cdot A \cdot k \cdot Z}{N \cdot \eta} \quad (9.1)$$

čia  $E_n$  – normose nurodytas minimalus apšvietimas, lx;  $A$  – apšvietimo plotas, m<sup>2</sup>;  $k$  – atsargos koeficientas, įvertinantis apšvietumo sumažėjimą dėl dulketumo ir lempų skleidžiamos šviesos srauto silpnėjimo (yra nuo 1,3 iki 1,8);  $Z$  – apšvietumo netolygumo koeficientas (nuo 1,1 iki 1,3);  $N$  – šviestuvų (lempų) skaičius;  $\eta$  – šviesos srauto išnaudojimo koeficientas.

Šviesos srauto išnaudojimo koeficientas  $\eta$  parenkamas iš 9.1 lentelės pagal šviestuvo rūšį, sienų ir lubų atspindžio koeficientus  $\rho_s$  ir  $\rho_l$  bei apskaičiuotą patalpų rodiklį  $i$ :

$$i = \frac{A}{h \cdot (L + B)}. \quad (9.2)$$

čia  $h$  – šviestuvų pakabinimo aukštis virš darbo vietos, m;  $A$  – patalpos plotas, m<sup>2</sup>;  $L$  ir  $B$  – patalpos ilgis ir plotis, m.

Apskaičiavus reikalingą šviesos srautą, iš 9.2 lentelės parenkama tinkamiausia standartinė lempa.

Skaičiuojant liuminescencinį apšvietimą, nustatomas reikalingas šviestuvų skaičius todėl, kad šių lempų skaičius šviestuve nustatytas konstruktyviai. Žinant lempų skaičių, apskaičiuojama patalpos apšvietimo sistemos elektrinė galia.

**9.1 lentelė. Šviesos srauto išnaudojimo koeficientai**

<i>i</i>	Šviestuvų rūšis						
	OD, ODL			LC			
	Atspindžio koeficientai						
	$\rho_r$ %	30	50	70	30	50	70
$\rho_s$ %	10	30	50	10	30	50	
1	2	3	4	5	6	7	8
0,5		0,23	0,26	0,31	0,14	0,16	0,22
0,6		0,30	0,33	0,37	0,19	0,21	0,27
0,7		0,35	0,38	0,42	0,23	0,24	0,30
0,8		0,39	0,41	0,45	0,25	0,26	0,33
0,9		0,42	0,44	0,48	0,27	0,29	0,35
1,0		0,44	0,46	0,49	0,29	0,31	0,37
1,1		0,46	0,48	0,51	0,30	0,32	0,38
1,25		0,48	0,50	0,53	0,31	0,34	0,41
1,5		0,50	0,52	0,56	0,34	0,37	0,44
1,75		0,52	0,55	0,58	0,36	0,39	0,46
2		0,55	0,57	0,60	0,38	0,42	0,49

**9.2 lentelė. Kai kurių apšvietimui naudojamų lempų šviesos srautas**

Lempos rūšis	Galingumas, W	Šviesos srautas, lm
1	2	3
Kaitrinės lempos		
V	15	105
V	25	220
B	40	400
B	60	715
B	100	1350
G	150	2 000
G	200	2 800
G	300	4 600
G	500	8 300
G	750	13 100
G	1 000	18 600
Liuminescencinės lempos		
LDC	30	1 110
	40	1 520
	80	2 720
LHB, LTB		
	30	1 500
	40	2 200
	80	3 840



DLR tipo lempos	125	56 00
	250	11 000
	400	19 000
	700	35 000
	1 000	50 000

**Užduotis.** Apskaičiuoti bendrąjį (tolygųjį) dirbtinį apšvietimą, atsižvelgiant į tiesioginius ir į atsispindėjusius šviesos srautus. Optimaliai išdėstyti šviestuvus patalpoje.

**Duota.** Patalpos matmenys – 9×16 m. Norminis apšvietimas – 300 lx. Šviestuvų ilgis – 1 m. Numatytos liuminescencinės lempos. Patalpos aukštis – 3,5 m. Šviestuvai išdėstyti 3 eilėmis. Atspindžio koeficientai: nuo sienų – 30 %, nuo lubų – 50 %.

## 10. Triukšmo šaltinių lygių skaičiavimas

Jeigu skaičiuojamajame taške triukšmą sukelia keletas šaltinių, jų intensyvumą galima sudėti:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n. \quad (10.1)$$

Akustiniams skaičiavimams naudojamas ne garso intensyvumas, o garso intensyvumo (arba garso slėgio) lygis dB. Keleto šaltinių bendras garso intensyvumo lygis apskaičiuojamas taip:

$$L_1 = 10 \lg \left( 10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_n} \right), \quad (10.2)$$

čia  $L_1, L_2, \dots, L_n$  – garso intensyvumo lygiai (garso slėgio lygiai).

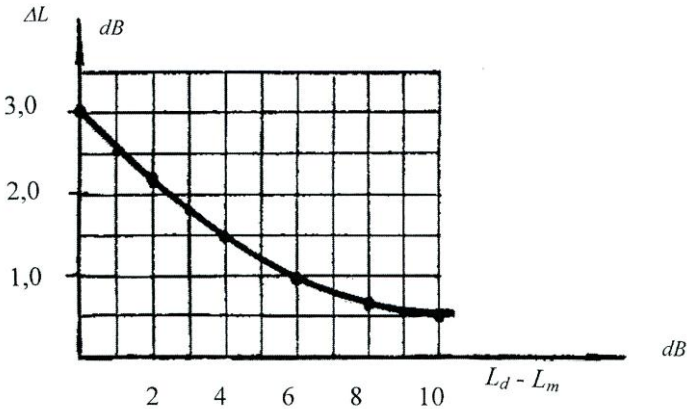
Veikiant  $n$  triukšmo šaltiniams, turintiems vienodą intensyvumo (slėgio) lygį, suminis intensyvumo (slėgio) lygis bus toks:

$$L_{sum} = L_1 + 10 \lg n, \quad (10.3)$$

Esant skirtingo garso intensyvumo (slėgio) triukšmo šaltiniams,  $L_{sum}$  apskaičiuojamas taip:

$$L_{sum} = L_d + \Delta L. \quad (10.4)$$

čia  $L_d$  – didesnis iš dviejų sumuojamų garso intensyvumo (slėgio) lygių;  $\Delta L$  – pataisa, randama iš grafiko (10.1 pav.).



**10.1 pav.** Pataisos  $\Delta L$  nustatymo grafikas.  
( $L_d - L_m$ ) skirtumas tarp dviejų triukšmo šaltinių garso lygių

**Užduotis.** Apskaičiuoti keturių skirtingo garso intensyvumo (slėgio) lygio triukšmo šaltinių bendrąjį garso slėgio lygį.

**Duota.**  $L_1 = 81$  dB;  $L_2 = 89$  dB;  $L_3 = 90$  dB;  $L_4 = 84$  dB.

## 11. Triukšmo lygio gyvenvietėje skaičiavimas

Statybos aikštelės, pramonės objektai, statybiniai mechanizmai yra didelio triukšmo lygio šaltiniai gyvenamuosiuose rajonuose. Triukšmo lygis skaičiuojamajame taške atstumu  $r$  (metrais) nuo triukšmo šaltinio yra lygus:

$$L = L_p - 11 - 20 \lg r + A - \frac{K \cdot r}{1000} - C_{(r)} - D_{(r)}, \quad (11.1)$$

čia  $L_p$  – triukšmo šaltinio oktavinis garso galingumo lygis dB. Kai kurių triukšmo šaltinių oktavinis garso galingumo lygis pateiktas 11.1 lentelėje;  $r$  – atstumas tarp triukšmo šaltinio centro ir skaičiuojamojo taško, m;  $A$  – triukšmo lygio padidėjimas dėl atspindžio. Jeigu garso bangos atsispindi tik nuo žemės, tai  $A = 3$  dB;  $K$  – triukšmo susilpnėjimas atmosferos ore, dB. Esant 15 °C temperatūrai ir 70 % santykinei drėgmei, imamas iš 11.2 lentelės;  $C_{(r)}$  – pastatų, augmenijos ir kitų paviršių poveikis triukšmo sklidimui.

**11.1 lentelė.** Oktaviniai triukšmo šaltinių garso galingumo lygiai, dB

Geometriniai dažnių vidurkiai oktavinėse juostose	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Vidaus degimo varikliai 1700 aps./min-	109	112	117	121	119	117	116	115

**11.2 lentelė.** Triukšmo susilpnėjimas ore

Geometriniai dažnių vidurkiai oktavinėse juostose	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Triukšmo susilpnėjimas, dB/km	0,2	0,3	0,7	1,6	4,0	9,7	27,6	41,7

Jeigu tarp šaltinio ir skaičiuojamojo taško nėra jokių trukdžių,  $C_{(r)} = 0$ . Kitais atvejais  $C_{(r)} = 2,5$  dB;  $D_{(r)}$  – kitų mikroklimato sąlygų (vėjo, greičio, temperatūros) įvertinimas. Didėjant atstumui, didėja šių mikroklimato sąlygų įtaka. Jeigu  $r > 500$ m,  $D_{(r)}$  apskaičiuojamas taip:

$$D_{(r)} = \frac{5 \cdot 10^{-5} \cdot r^2}{1 + 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot r^2} \quad (11.2)$$

Triukšmo lygiai yra normuojami. Gyvenamųjų rajonų teritorijoje leistini triukšmo lygiai pateikti 11.3 lentelėje.

**11.3 lentelė.** Leistini garso slėgio lygiai

Geometriniai dažnių vidurkiai oktavinėse juostose	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Leistini garso slėgio lygiai, dB	67	57	49	44	40	37	35	33

**Užduotis.** Apskaičiuoti triukšmo lygį šalia gyvenamojo namo, esančio arčiausiai triukšmo šaltinio.

**Duota:**

Varianto Nr.	$L_p$ , dB								r, m
	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	
1	109	112	117	121	119	17	116	115	700
2	108	114	117	120	118	119	108	115	700
3	107	115	118	119	115	107	109	114	700
4	103	111	119	122	110	105	107	114	700

## 12. Apsauginio aptvaro išspinduliuojamo triukšmo lygio skaičiavimas

Mechanizmų išspinduliuojamam triukšmui įvertinti ir akustiniams skaičiavimams atlikti pagrindinė charakteristika yra garso galingumo lygis oktavinėse dažnių juostose.

Garso galingumo lygio skaičiavimai standartiniais metodais atliekami išmatavus garso slėgio lygį.

Triukšmo šaltinio vidutinis garso slėgio lygis nustatomas taip:

$$L_{vid} = 101g \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right) - K, \quad (12.1)$$

čia  $L_i$  – garso slėgio lygis  $i$ -tajame matavimo taške;  $n$  – matavimo taškų skaičius;  $K$  – koeficientas, įvertinantis atsispindėjusį garsą, kai matavimai atliekami uždaroje patalpose.

Išmatuotas ventiliatoriaus triukšmo lygis:  $L_1 = 74$  dB,  $L_2 = 70$  dB,  $L_3 = 69$  dB,  $L_4 = 71$  dB,  $L_5 = 73$  dB.

Atspindžio koeficientas  $K$  gali būti išmatuotas arba apskaičiuotas pagal formulę:

$$K = 101g \left[ 1 + \frac{4A}{A_E} \left( 1 - \frac{A_E}{A_v} \right) \right], \quad (12.2)$$

čia  $A$  – konstrukcijų matavimo paviršiaus plotas,  $m^2$ ;  $A_E$  – ekvivalentinis garso sugėrimo plotas,  $m^2$ ;  $A_v$  – patalpos atitvarinių konstrukcijų plotas,  $m^2$  ( $A_v = 50 \div 100m^2$ ).

$$A_E = \alpha \cdot A, \quad (12.3)$$

čia  $\alpha$  – garso sugėrimo koeficientas.

Padengtos mastikos  $\alpha = 0,23$  esant 1000 Hz dažniui.

Garso slėgio matavimo paviršiaus plotas apskaičiuojamas taip:

$$A = 4(ab + ac + bc) \frac{(a + b + c)}{(a + b + c + 2d)}, \quad (12.4)$$

čia  $a, b, c, d$  – matavimo paviršiaus matmenys:

$$a = 0,5l_1 + d; \quad b = 0,5l_2 + d; \quad a = 0,5l_1 + d; \quad c = l_3 + d;$$

$l_1$  ir  $l_2$  – triukšmo šaltinio ilgis ir plotis,  $l_3$  – triukšmo šaltinio aukštis ( $l_1 = 0,6 \text{ m}$ ,  $l_2 = 0,3 \text{ m}$ ,  $l_3 = 0,3 \text{ m}$ );  $d = 0,3 \text{ m}$ .

Garso galingumo lygis apskaičiuojamas taip:

$$L_w = L_{vid} + 10 \lg \frac{A}{A_0}, \quad (12.5)$$

čia  $A$  – konstrukcijų matavimo paviršiaus plotas,  $\text{m}^2$ ;  $A_0 = 1 \text{ m}^2$ .

**Užduotis.** Apskaičiuoti metalinio apsauginio aptvaro išspinduliuojamo triukšmo lygį, apdengiant diržinę pavarą.

**Duota:**

Varianto Nr.	Aptvaro ilgis $l_1$ , m	Aptvaro plotis $l_2$ , m	Aukštis, m
1	1,0	0,5	0,5
2	1,2	0,5	0,6
3	1,3	0,8	0,8
4	0,8	0,7	0,7

Varianto Nr.	Aptvaro ilgis $a$ , m	Aptvaro plotis $b$ , m	Storis $d$ , m
1	0,8	0,4	$2 \cdot 10^{-3}$
2	0,85	0,5	$2,5 \cdot 10^{-3}$
3	0,9	0,6	$3,0 \cdot 10^{-3}$
4	1,1	0,5	$2,5 \cdot 10^{-3}$

### 13. Aktyvaus veikimo slopintuvo skaičiavimas

Nustatome leistiną triukšmo lygį  $|L|$  pasirinktam įrenginiui arba gamybos procesui. Leistinas įrenginių triukšmo lygis yra pateiktas

literatūroje, pramonės objektų projektavimo sanitarinėse normose arba žinynuose. Dažniausiai jis lygus 87 dB.

Triukšmo lygio sumažėjimą slopintuve galime apskaičiuoti:

$$\Delta L_w = L_w - |L| - 20 \lg r, \quad (13.1)$$

čia  $\Delta L_w$  – triukšmo šaltinio akustinės galios lygis, dB (jį nurodo dėstytojas);  $|L|$  – leistinas įrenginio triukšmo lygis, dB;  $r$  – atstumas nuo triukšmo šaltinio iki matavimo taško, m.

Skaičiavimas yra apytikris, nes čia yra nustatyta, kad slopintuvo ilgio vienetas yra  $m$  arba slopintuvo kalibro dydis  $d_e$ . Jis skaičiuojamas pagal formulę:

$$d_e = \frac{4A}{P}, \quad (13.2)$$

čia  $A$  – slopintuvo skerspjūvio plotas,  $m^2$ ;  $P$  – vidaus slopintuvo perimetras, m.

Pagal 13.1 formulę surandame aerodinaminio triukšmo lygio sumažinimo charakteristiką, kurią turi garantuoti projektuojamas slopintuvas.

Pasirenkame slopintuvo skerspjūvio plotą  $A$  ir absorbuojančią medžiagą.

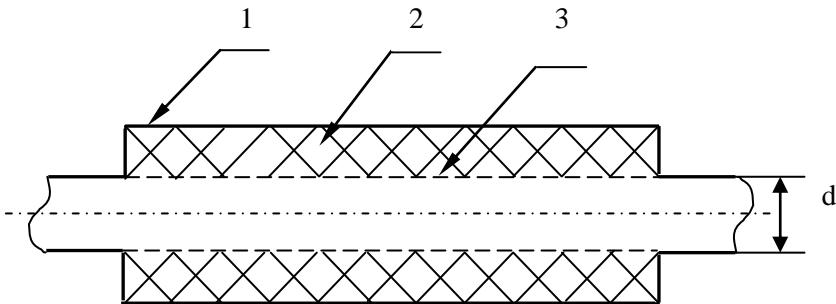
Optimalus slopintuvo sienelės storis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$h = \frac{C_n}{b \cdot f}, \quad (13.3)$$

čia  $C_n$  – garso, sklindančio absorbuojančioje medžiagoje, greitis, m/s (13.1 lentelė);  $b$  – koeficientas, įvertinantis slopintuvo dengimą:

$b = 4$ , kada slopintuvas yra padengtas iš visų pusių,  $d = 25$ , kada slopintuvas padengtas iš vienos pusės;  $f$  – dažnis, Hz.

Surandame  $\Delta L_{w1}$  vieno kalibro ilgio slopintuvui (iš 13.2 lentelės).



**13.1 pav.** Aktyvaus veikimo slopintuvo schema: 1 – korpusas; 2 – garsą absorbuojanti medžiaga; 3 – grotelės

Garso absorbcija bus maksimali, kai tenkinsime nelygybę:

$$f_{\max} < f_{rib},$$

čia  $f_{\max}$  – didžiausias absorbuojamo garso dažnis;  $f_{rib}$  – ribinis dažnis, kurį viršijus garso banga tampa ne plokščia, t. y. dėl šio dažnio vienas iš kanalo skerspjūvio matmenų lygus pusei bangos ilgio:

$$f_{rib} = \frac{C}{2a},$$

čia  $a$  – kanalo skerspjūvio matmuo, m;  $C$  – garso greitis ore, lygus  $\approx 340 \text{ m/s}$ .



**13.1 lentelė.** Garso greičio priklausomybė absorbuojančioje medžiagoje nuo dažnio

Medžiaga	Tūrinis svoris, kg/m <sup>3</sup>	Garso greitis, m/s									
		Dažniai, Hz									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Medvilnės vata	60	40	50	52	54	57	62	60	60	62	62
Stiklo vata (plaušelio Ø 20 mm)	140	–	–	70	110	150	170	190	200	200	200
Šlako vata	150	115	120	130	130	130	135	140	140	150	150
Kaprono pluoštas	60	150	150	170	200	210	200	230	240	240	240
Putplastis	45	100	110	130	150	155	165	160	155	140	125
Žvyras (3–5 mm)	1 500	110	150	170	200	210	270	230	240	245	245

Surandame kalibrų skaičių, kuris reikalingas akustinio lygio galingumui sumažinti:

$$n = \frac{\Delta L_w}{\Delta L_{w_1}}, \quad (13.4)$$

čia  $\Delta L_w$  – galingumo lygio sumažėjimas, gaunamas pagal 13.1 formulę, dB;  $\Delta L_{w_1}$  – galingumo lygio sumažėjimas, esant vienam kalibrui (iš 13.2 lentelės).

Slopintuvo ilgis skaičiuojamas taip:

$$l = n \cdot d_e, \quad (13.5)$$

čia  $n$  – kalibrų skaičius;  $d_e$  – slopintuvo kalibro dydis.

Tiesiame kanale  $\Delta L$ , kurio skerspjūvio plotas  $A$ , nustatome taip:

$$\Delta L = 1,1 \frac{f(\alpha)P \cdot l}{A}, \quad (13.6)$$

čia  $f(\alpha)$  – koeficientas, įvertinantis apdangos garso absorbciją slopintuve. Jo priklausomybė pateikta 13.3 lentelėje ( $\alpha$  reikšmę nurodo dėstytojas);  $P$  – kanalo skerspjūvio perimetras, m;  $l$  – kanalo ilgis, m;  $A$  – kanalo skerspjūvio plotas, m<sup>2</sup>.

Jeigu slopintuvas yra apskritos formos, tai  $\Delta L$  nustatomas taip:

$$\Delta L = 4,4 \frac{f(\alpha) \cdot l}{d}, \quad (13.7)$$

čia  $d$  – slopintuvo kanalo diametras, m.

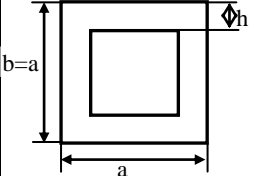
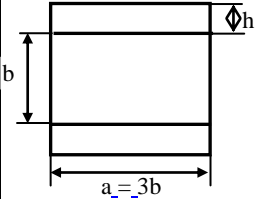
Triukšmo lygio sumažėjimas plokštiniame slopintuve nustatomas taip:

$$\Delta L = 2,2 \frac{f(\alpha) \cdot l}{a}, \quad (13.8)$$

čia  $a$  – atstumas tarp plokštelių, m.

Iš išraiškų 13.6 ir 13.7 matyti, kad siekiant labiau sumažinti triukšmą, slopintuvus tikslinga dalyti pertvarėlėmis į atskirus skyrius (koriniai ir plokštiniai slopintuvai).

**13.2 lentelė.** Akustinio galingumo lygio  $\Delta L_{w_1}$  sumažėjimas vieno kalibro ilgio ( $d_e$ ) slopintuve, dB

Slopintuvo schema	Slopintuvo parametrai			Dažniai, Hz							
	Medžiagos tipai	Svoris, kg/m <sup>3</sup>	Storis h, mm	50	100	200	400	800	1600	3200	6400
	Šlako vata	150	50–200	–	0,8 2,7	0,8 3,5	2 4,8	2,4 4,5	4,5 4,5	2,4 2,6	2 2,4
	Kaprono pluoštas	60	100 200 400	1,2 1,5 3	2,5 3 4	3,5 4 4,5	3,2 5 4,7	3 4,5 5	5 4,7 3	2,4 2,4 2,5	2,4 2,5 2,5
	Keramzitas	450	100	–	0,5	1,2	1,3	3,2	3	3,7	3,4
	Kaprono pluoštas	60	40 100 200	2 2,5 3,5	3 3,6 7,5	4,2 4,8 7,2	3,2 8,3 9,8	6 11,5 11	9,5 8 7,8	11 3,5 3,5	9 2,5 3,5

**13.3 lentelė.**  $f(\alpha)$  reikšmės

$\alpha$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$f(\alpha)$	0,1	0,2	0,35	0,5	0,9	1,2	1,6	2,0	4,0

**Užduotis.** Apskaičiuoti apskritąjį skerspjūvio aktyvaus veikimo tipo slopintuvo efektyvumą ir pavaizduoti grafiškai.

**Duota:**

Varianto Nr.	Absorbuojanti medžiaga	Triukšmo šaltinio akustinės galios lygis, dB	Apdangos garso absorbcijos koeficientas $\alpha$	Slopintuvo triukšmo dažnis $f$ , Hz
1	Šlako vata	105	0,9	800
2	Kaprono pluoštas	115	0,8	400
3	Šlako vata	110	0,9	800
4	Kaprono pluoštas	105	0,8	800

**14. Apsauginio įžeminimo skaičiavimas**

Vertikalių įžemiklių kiekis ir jungiamosios juostos ilgis nustatomas skaičiuojant. Yra daug įžeminimo įrangos varžos skaičiavimo metodikų ir būdų.

Apsauginio įžeminimo praktiniam skaičiavimui gali būti taikomas koeficiento panaudojimo skaičiavimo metodas.

Strypinio arba vamzdinio įžemiklio varža apskaičiuojama pagal formulę:

$$r_v = \frac{0,366\rho}{l} \left( \lg \frac{2l}{d} + 0,51 \lg \frac{4h_v + l}{4h_v - l} \right), \quad (14.1)$$

čia  $l$  – įžemiklio ilgis, cm;  $d$  – įžemiklio skersmuo, cm;  $h_v$  – įgilinimas, skaičiuojant nuo žemės paviršiaus iki įžemiklio vidurio, cm;  $\rho$  – savitoji grunto varža,  $\Omega \cdot \text{cm}$  (14.3 lentelė).

Jei įžemiklis iš kampainio plieno, tai jo varža apskaičiuojama pagal tą pačią formulę, tik vietoje kampainio profilio įvedamas ekvivalentinis skersmuo.

$$d_{ekv} = 0,95b ; \quad (14.2)$$

čia  $b$  – kampainio juostos plotis, cm.

Jungiamosios horizontaliosios juostos įžeminimo varža apskaičiuojama pagal formulę:

$$r_j = 0,366 \frac{\rho}{L} \lg \frac{2L^2}{bh\eta_n}, \quad (14.3)$$

čia  $\rho$  – savitoji grunto varža,  $\Omega \cdot \text{m}$ ;  $L$  – juostos ilgis, m;  $b$  – juostos plotis, m ( $b = 0,04 \text{ m}$ );  $h$  – juostos įkasimo gylis, m ( $h = 1 \text{ m}$ );  $\eta_n$  – juostos panaudojimo koeficientas priklauso nuo įžemiklių skaičiaus (ribos – 0,22–0,7) ir parenkamas iš 14.2 lentelės.

Įžemikliams sujungti naudojamas  $b$  pločio 0,04 m storio juostinis plienas, ne siauresnis kaip 0,30 m. Juostos ilgis nustatomas pagal formulę:

$$L = 1,05 an, \quad (14.4)$$

čia  $a$  – atstumas tarp įžemiklių, išdėstytų viena eile, ( $a = 0,6 \text{ m}$ );  $n$  – įžemiklių skaičius.

Jei sujungimui naudojamas apskritas strypas, tai vietoje  $b$  įrašoma reikšmė  $2d$  (čia  $d$  – strypo skersmuo,  $d = 0,04 \text{ m}$ ).

Įžemiklių skaičius  $n$  nustatomas pagal formulę:

$$n = \frac{r_v}{R_l \eta_x}, \quad (14.5)$$

čia  $\eta_x$  – įžemiklio panaudojimo arba ekranavimo koeficientas; ribos – 0,36–0,8, pateikiamas 14.1 lentelėje;  $R_l$  – leistina įžeminimo varža ( $R_l \leq 4 \Omega$ ).

Įžemiklių grupės įžeminimo varža tikslinama pagal formulę:

$$R_v = \frac{r_v}{\eta_x n} , \quad (14.6)$$

čia  $R_v$  – skaičiuotina įžemiklio varža,  $\Omega$ .

Jungiamosios horizontaliosios juostos įžeminimo varža  $R_j$  :

$$R_j = \frac{r_j}{\eta_n} . \quad (14.6^*)$$

14.1 ir 14.2 lentelėse duotos įžemiklių panaudojimo koeficientų reikšmės. Kaip matyti iš lentelių, kuo daugiau įžemiklių ir kuo tarp jų mažesnis atstumas, tuo jų tarpusavio įtaka turi daugiau reikšmės įžemiklių bendrosios varžos padidėjimui.

## Panaudojimo koeficientai

**14.1 lentelė.** Vertikalių įžemiklių (elektrodų) panaudojimo koeficientas  $\eta_x$ , neįskaitant jungiamosios juostos įtakos

Įžemiklių (elektrodų) skaičius $n$	$\eta_x$ kai atstumo tarp įžemiklių ir jų ilgio santykis yra		
	$a/l = 1$	$a/l = 2$	$a/l = 3$
Įžemikliai, išdėstyti eile			
2	0,84–0,87	0,90–0,92	0,93–0,95
3	0,78–0,80	0,85–0,88	0,90–0,92
4	0,74–0,76	0,83–0,85	0,88–0,90
5	0,67–0,72	0,79–0,83	0,85–0,88
10	0,56–0,62	0,72–0,77	0,79–0,83
15	0,51–0,56	0,66–0,73	0,75–0,80
20	0,47–0,50	0,65–0,70	0,74–0,79
Įžemikliai, išdėstyti pagal pastato kontūrą			
4	0,66–0,72	0,76–0,80	0,84–0,86
6	0,58–0,65	0,71–0,75	0,78–0,82
10	0,52–0,58	0,66–0,71	0,74–0,78
20	0,44–0,50	0,60–0,66	0,68–0,79
40	0,38–0,44	0,55–0,61	0,64–0,69
60	0,36–0,43	0,52–0,58	0,62–0,67
100	0,33–0,39	0,49–0,55	0,59–0,65

**14.2 lentelė.** Horizontaliosios jungiamosios juostos panaudojimo koeficientas  $\eta_n$

Atstumo tarp žemiklių ir jų ilgio santykis $a/l$	Žemiklių skaičius							
	4	6	8	10	20	30	50	70
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Eile išdėstyti žemikliai								
1	0,77	0,72	0,67	0,62	0,42	0,31	0,21	0,19
2	0,89	0,84	0,79	0,72	0,56	0,46	0,36	0,32
3	0,92	0,88	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49	0,42
Žemikliai, išdėstyti pagal pastato kontūrą								
1	0,45	0,4	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21	0,20
2	0,55	0,48	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28	0,26
3	0,70	0,64	0,66	0,50	0,45	0,41	0,37	0,35

**14.3 lentelė.** Apytikslė savitoji grunto varža

Grunto pavadinimas	Savitosios varžos $\rho$ ribos, $\Omega\text{m}$
Smėlis	400–700
Priesmėlis	150–400
Priemolis	40–150
Molis	10–70
Juodžemis	10–53
Durpės	0,2

**14.4 lentelė.** Klimatinis padidėjimo koeficientas kintant grunto savitajai varžai dėl drėgmės įtakos

Žemiklio tipas	Žemiklio įkasimo gylis, m	Klimatinis koeficientas		
		$K_1$	$K_2$	$K_3$
1	2	3	4	5
Išilginiai žemikliai	0,5	6,5	5,0	4,5
Juosta, apskritas strypas ir kt.	0,8	3,0	2,0	1,5
Vertikalūs žemikliai: kampinis plienas, metalinis vamzdis, nuo 1 iki 3 m ilgio strypas	Viršutinis žemiklio galas nuo žemės paviršiaus per 0,8 m	2,0	1,5	1,4

Vertikalių įžemiklių su horizontalia juosta reikalinga varža apskaičiuojama pagal formulę:

$$R = \frac{R_j \cdot R_v}{R_j + R_v} \leq 4\Omega. \quad (14.7)$$

Jei yra natūralių įžemiklių, tai skaičiuojant reikia į juos atsižvelgti. Tam reikia išmatuoti jų varžą.

Esant trijų rūšių įžemikliams, jų atstojamoji varža nustatoma pagal formulę:

$$R_a = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3}. \quad (14.8)$$

**Užduotis.** Apskaičiuoti apsauginį įžeminimą koeficiento panaudojimo skaičiavimo metodu.

**Duota.** Savitoji grunto varža  $\rho = 170 \Omega \cdot m$ , įžemiklio ilgis  $l = 200$  cm; įžemiklio skersmuo  $d = 4$  cm; įgilinimas  $h_v = 100$  cm; atstumas tarp įžemiklių  $a = 600$  cm; jungiamosios juostos plotis  $b = 5$  cm; įžemiklių skaičius – 4; įžemikliai išdėstyti eile.

Varianto Nr.	Įžemiklio ilgis $l_j$ , m	Atstumas tarp įžemiklių $a$ , m	Įžemiklių skaičius $n$
1	2	6	4
2	2,2	4	5
3	2,4	5	3
4	1,5	3	4

## 15. Elektros srovės saugiklių skaičiavimas

Įnulintuose trifaziuose ir kituose elektros tinkluose pažeistai fazei atjungti naudojami saugikliai. Jie yra įjungiami nuosekliai. Norint užtikrinti patikimą saugiklių veikimą, turi būti tenkinama sąlyga:

$$I'_{ty} \geq 3 \cdot I_S^N, \quad (15.1)$$



čia  $I_{ty}'$  – trumpojo jungimo srovė, A;  $I_S^N$  – nominalioji saugiklio suveikimo srovė, A.

Saugikliai parenkami pagal elektros variklio paleidimo srovės stiprumą, atsižvelgiant į variklio darbo režimą:

$$I_S^N = I_{EV}^P / \alpha, \quad (15.2)$$

čia  $I_{EV}^P$  – elektros variklio paleidimo srovė, A;  $\alpha$  – variklio darbo režimas (asinchroniniams varikliams  $\alpha = 1,6 \div 2,5$ ).

Elektros variklio paleidimo srovė nustatoma pagal nominaliąją variklio darbinę srovę:

$$I_{EV}^P = I_{EV}^N \cdot \beta, \quad (15.3)$$

čia  $I_{EV}^N$  – nominalioji variklio darbinė apkrova, A;  $\beta$  – perkrovos koeficientas nustatomas pagal variklio tipą  $\beta = 5 \div 7,5$ .

Nominalioji elektros variklio darbinė srovė apskaičiuojama taip:

$$I_{EV}^N = P \cdot 1000 / \sqrt{3} \cdot U_N \cos \alpha, \quad (15.4)$$

čia  $P$  – variklio nominalusis galingumas, kW;  $U_N$  – variklio nominalioji įtampa, V;  $\cos \alpha$  – variklio galingumo koeficientas.

Pagrindiniai kai kurių tipų elektros variklių techniniai duomenys pateikti 15.1 lentelėje.

**15.1 lentelė.** 4A serijos elektros variklių pagrindiniai techniniai duomenys

Variklio tipas	Galingumas $P$ , kW	$\cos \alpha$	$\beta$
1	2	3	4
4A71B2	1,1	0,87	5,5
4A80A2	1,5	0,85	6,5
4A80B2	2,2	0,87	6,5
4A90L2	3	0,88	6,5
4A1002	4	0,89	6,5
4A100L2	5,5	0,89	7,5
4A112M2	7,5	0,88	7,5
4A13M2	10	0,9	7,5
4AL602	15	0,91	7,5
4A160M2	18,5	0,92	7,5
4A180S2	22	0,91	7,5
4A200M2	30	0,9	7,5
4A220L2	37	0,89	7,5
4A225M2	45	0,9	7,5

Trumpojo jungimo srovės stiprumas skaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$I_{ty} = \frac{U_F}{(z_T/3 + z)}, \quad (15.5)$$

čia  $U_F$  – fazinė įtampa, V;  $z_T$  – transformatoriaus varža, nustatoma iš 15.2 lentelės;  $z$  – trumpojo jungimo kilpos (fazė–nulis) varža  $\Omega$ , skaičiuojama pagal tokią formulę:

$$z = \sqrt{(R_F + R_0)^2 + (x_F + x_0 + x_I)^2}, \quad (15.6)$$

čia  $x_F$  ir  $x_0$  – atitinkamai fazinio ir nulinio laidų vidinės induktyviosios varžos (vario ir aliuminio laiduose į jas neatsižvelgiama, plieno laidams  $x_w$  pateikiama 15.3 lentelėje,  $\Omega$ ;  $x_I$  – išorinė induktyvioji trumpo jungimo kilpos varža,  $\Omega$  (paprastai lygi 0,6  $\Omega$ );  $R_F$  ir

$R_0$  – atitinkamai fazinio ir nulinio laidų aktyviosios varžos, nustatomos pagal formulę:

$$R = \rho \cdot l / A, \quad (15.7)$$

čia  $\rho$  – specifinė laidininko varža (variui nustatoma lygi 0,018, aliuminiui – 0,028  $\Omega\text{mm}^2 / \text{m}$ );  $l$  – laidininko ilgis, m;  $A$  – laidininko skerspjūvio plotas,  $\text{mm}^2$ .

**15.2 lentelė.** Transformatorių varžos  $z_T, \Omega$

Transformatoriaus galingumas, kW	$z_T$ , esant apvijų sujungimui	
	Žvaigžde	Trikampiu
25	3,110	0,906
40	1,949	0,562
63	1,237	0,360
100	0,799	0,226
160	0,487	0,141
250	0,312	0,090
400	0,195	0,056
630	0,129	0,042
1000	0,081	0,027

$x_F$  ir  $x_0$  – reikšmės plieniniams laidininkams pateikiamos 15.3 lentelėje pagal srovės tankumą,  $\text{A}/\text{mm}^2$ :

$$\Delta = I'_{ty} / A, \quad (15.8)$$

čia  $A$  – laidininko skerspjūvio plotas,  $\text{mm}^2$ ;  $I'_{ty}$  – prognozuojama trumpojo jungimo srovė, A:

$$I'_{ty} = 1,25 \cdot I_{EV}^N, \quad (15.9)$$

**15.3 lentelė.** Aktyviosios ir induktyviosios plieninių laidininkų varžos  $x_w$

Išmatavimai arba diametras, mm	Skerspjūvio plotas, mm <sup>2</sup>	$x_F/x_0, \Omega$ , esant srovės tankumui, A/mm <sup>2</sup>			
		0,5	1,0	1,5	2,0
Stačiakampio skerspjūvio					
20×4	80	5,24/3,14	4,2/2,52	3,84/2,09	2,97/1,78
30×4	120	3,66/2,2	2,91/2,75	2,38/1,43	2,04/1,22
40×4	160	2,81/1,68	2,24/1,34	1,31/1,08	1,57/0,92
50×4	200	1,77/1,06	1,34/0,8	1,08/0,65	–
60×4	240	3,83/2,03	2,56/1,54	2,08/1,25	–
30×5	150	2,1/1,26	1,60/0,96	1,28/0,77	–
50×5	250	2,02/1,33	1,51/0,89	1,15/0,7	–
Apvalaus skerspjūvio					
5	19,63	17/10,2	14,4/8,65	12,4/7,45	10,7/6,4
6	28,27	13,7/8,2	11,2/6,7	9,4/5,05	8/4,8
8	50,27	9,6/5,75	7,5/4,5	6,4/3,84	5,3/3,2
10	78,54	7,2/4,32	5,4/3,24	4,2/2,52	–
12	113,10	5,6/3,36	4/2,4	–	–
14	150,90	4,55/2,73	3,2/1,92	–	–
16	201,10	3,72/2,23	2,7/1,6	–	–

Atlikus skaičiavimus ir patikrinus 15.1 sąlygą, parenkami standartiniai saugikliai iš 15.4 lentelės.

**15.4 lentelė.** Standartinių saugiklių tipai pagal  $I_S^N$

Saugiklio tipas	$I_S^N, A$
1	2
NPI15	6; 10; 15
NPN 60M	20; 25; 35; 45; 60;
PN2–100	30; 40; 50; 60; 80; 100
PN2–250	80; 100; 120; 150; 200; 250
PN2–400	200; 250; 300; 350; 400
PN2–600	300; 400; 500; 600
PN2–100	500; 600; 750; 800; 1000

**Užduotis.** Apskaičiuoti trifazio tinklo pažeistos fazės atjungimo trumpojo jungimo srovę ir parinkti reikiamus saugiklius.

**Duota:**

Varianto Nr.	Elektros variklio galinumas, $P$ kW	$U_N$ , V
1	20	220
2	15	220
3	20	220
4	25	220

**16. Vieno strypo žaibolaidžio saugos zonos skaičiavimas**

Žaibolaidis apsaugo pastatą nuo tiesioginio žaibo smūgio. Apsauginę žaibolaidžio zoną sudaro ta erdvės dalis, kuri yra aplink žaibolaidį ir kurioje yra saugomas pastatas.

Žaibolaidžiai skirstomi į strypinius (vieno strypo, dviejų strypų), lyninius (anteninius) ir tinklinius.

Be minėtų tipų žaibolaidžių galima naudoti metalinius stogus, metalinius vamzdžius, kurie turi būti atitinkamai įžeminti.

Vieno strypo  $h$  aukščio žaibolaidžio saugos zona sudaro  $h_0$  aukščio ir to spindulio apskritąjį kūgį (16.1 pav.). Saugomo statinio aukštyje  $h_x$  ji sudaro  $r_x$  spindulio skritulį.

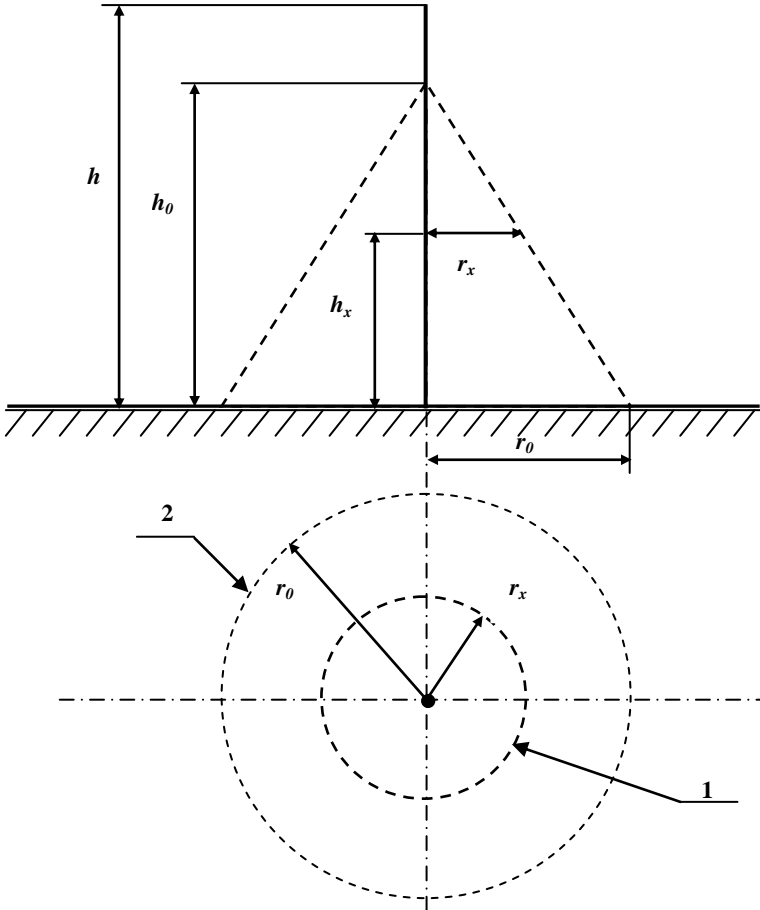
Laukiamas žaibo smūgių į saugomąjį pastatą skaičius per metus: stačiakampio formos pastatams ir statiniams:

$$N = \left( (S + 6H)(L + 6H) - 7,7H^2 \right) \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (16.1)$$

čia  $H$  – didžiausias pastato ar statinio aukštis, m;  $S$ ,  $L$  – pastato ar statinio plotis ir ilgis, m;  $n$  – vidutinis metinis žaibo smūgių skaičius, tenkantis 1 km<sup>2</sup> žemės paviršiaus (santykinis žaibo smūgių į žemę tankis), toje vietovėje, kurioje yra pastatas ar statinys, ir  $n$  priklauso nuo vidutinės metinės perkūnijų trukmės:

Vidutinė metinė perkūnijų trukmė, h	Santykinis metinis žaibo smūgių į žemę tankis $n$
--	--

20–40	2
40–60	4



**16.1 pav.** Vieno strypo žaibolaidžio saugos zona:  
 1 – saugos zonos riba lygyje  $h_x$ ; 2 – saugos zonos riba žemės lygyje

Esant sudėtingos konfigūracijos pastatams ir statiniams,  $S$  ir  $L$  reikšmės imamos mažiausio stačiakampio, kurio plane gali tilpti pastatas ar statinys.

Vieno strypo iki 150 m aukščio žaibolaidžio saugos zona yra tokių matmenų:

Dydžiai, m	Zona A	Zona B
$h_o$	0,85 h	0,92 h
$r_o$	$(1,1-0,002 h) h$	1,5 h
$r_x$	$(1,1-0,002 h)(h - h_x/0,85)$	$1,5(h - h_x/0,92)$

Zonai B vieno strypo iki 150 m aukščio skaičiuojamojo žaibolaidžio aukštis, kai žinomos  $h_x$  ir  $r_x$  reikšmės, nustatomas pagal formulę:

$$h = (r_x + 1,63h_x)/1,5. \quad (16.2)$$

Vieno strypo žaibolaidžio, kurio aukštis  $150 < h < 600$  m, saugos zonos yra tokių matmenų:

Zona A:

$$h_o = [0,85 - 1,7 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h;$$

$$r_o = [0,8 - 1,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h;$$

$$r_x = [0,8 - 1,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h \left\{ 1 - \frac{h_x}{[0,85 - 1,7 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h} \right\}$$

Zona B:

$$h_o = [0,92 - 0,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h;$$

$$r_o = 225 \text{ m};$$

$$r_x = 225 - \left[ \frac{225h_x}{0,92 - 0,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)} \right] h$$

Žaibolaidžiai gali būti sumontuoti ant stogų arba atskirai nuo pastatų, nutiesiant įžeminimo laidą. Žaibo imtuvo skerspjūvis turi būti ne mažesnis kaip  $50 \text{ mm}^2$  (8 mm skersmens plieninis virbas). Srovės nuotėkio laido diametras apie 50 mm. Laidų sujungimo vietos suvirinamos.

Žaibolaidžio įžeminimo varža turi būti ne mažesnė kaip 10 omų, kai perkūnijos metu arti gali būti žmonių. Jeigu perkūnijos metu arti žaibolaidžio negali būti žmonių, tai įžeminimo varža gali siekti 40 omų. Atstumas tarp pastato ir žaibolaidžių 4–8 m.

**Užduotis.** Apskaičiuoti vieno strypo žaibolaidžio saugos zoną.

**Duota:**

Varianto Nr.	Saugomo pastato parametrai			Santykinis metinis žaibo smūgių į žemę tankis $n$
	H	S	L	
1	10	30	15	2
2	15	20	20	3
3	30	15	20	4
4	15	15	20	2

## 17. Žmonių evakavimo iš pastatų trukmės skaičiavimas

Žmonės, esantys pastatuose, gaisro arba avarijos metu turi saugiai ir greitai išeiti iš visų patalpų evakuacijos keliais. Laikas, per kurį dar galimas saugus žmonių evakavimas iš pastatų, vadinamas būtinuoju evakuacijos laiku. Laikas, per kurį visi žmonės gali išeiti iš patalpų arba pastatų, nustatomas skaičiuojant ir vadinamas skaičiuojamuoju evakuacijos laiku. Skaičiuojamasis žmonių evakuacijos laikas turi būti mažesnis už būtinąjį žmonių evakuacijos laiką.

Žmonių evakuacijos iš patalpų ir pastatų skaičiuojamasis laikas priklauso nuo evakuacinių kelių ilgio, nuo labiausiai nutolusios vie-



tos patalpoje iki evakuacinio išėjimo iš jos ir žmonių srauto judėjimo greičio.

Bendras evakuacijos kelias, kuriuo turi pereiti žmonių srautas, dalijamas į ruožus (koridorius, durų angas, laiptų maršus, vestibulius), kurių ilgis  $l_i$  ir plotis  $b_i$ .

Pradiniai ruožai yra tarp darbo vietų bei įrenginių, kėdžių eilėse ir vadinami vieneiliais srautais. Kiekvieno šio ruožo ilgis ir plotis randamas iš projekto. Laiptų narvelio evakuacinis kelias yra lygus laiptų maršų ilgiui. Jeigu durų angos sienos storis mažesnis už 0,7 m, tai evakuacijos kelio ilgis angoje lygus nuliui.

Žmonių evakuacijos skaičiuojamasis laikas  $t_s$  yra žmonių srauto judėjimo kelio kiekvieno ruožo laikų suma  $t_i$  ir išreiškiamas tokia formule:

$$t_s = t_1 + t_2 + \dots + t_i. \quad (17.1)$$

Tuomet žmonių srauto judėjimo laikas pirmame ruože:

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1},$$

čia  $V_1$  – žmonių srauto judėjimo greitis pirmame ruože, m/min.

Žmonių srauto tankis šiame ruože skaičiuojamas pagal formulę:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot b_1}, \quad (17.2)$$

čia  $N_1$  – žmonių skaičius pirmame ruože;  $f$  – žmogaus horizontalios projekcijos vidutinis plotas: suaugusio žmogaus su vasariniais drabužiais – 0,1 m<sup>2</sup>; suaugusio žmogaus su žieminiais drabužiais – 0,125 m<sup>2</sup>; paauglio – 0,07 m<sup>2</sup>.

17.1 lentelėje duotos žmonių srauto judėjimo greičio  $V$  reikšmės, priklausančios nuo tankio  $D$ . Taip pat duota žmonių srauto intensyvumo  $q$  priklausomybė nuo jo tankio ir judėjimo greičio.

Žmonių srauto judėjimo intensyvumas:

$$q = D \cdot V. \quad (17.3)$$

Judėjimo intensyvumas nepriklauso nuo srauto pločio ir yra tankio funkcija.

Žmonių, pereinančių evakuacijos keliu per laiko vienetą, skaičius vadinamas *evakuacijos kelio pralaidumu* ( $\text{m}^2/\text{min}$  arba žm./min):

$$Q = D \cdot V \cdot b \text{ arba } Q = q \cdot b.$$

Kelio ruožuose, kurie eina po pirmojo ruožo, žmonių srauto judėjimo greičio  $V$  reikšmę, kuri priklauso nuo srauto judėjimo intensyvumo, pasirenkame iš 8.1 lentelės. Tuomet kiekviename ruože srauto judėjimo intensyvumas yra:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot b_{i-1}}{b_i}. \quad (17.4)$$

Jeigu  $q_i \leq q_{\max}$ , tai judėjimo laiką kelio ruože skaičiuojame pagal formulę:

$$t_i = \frac{l_i}{V_i}. \quad (17.5)$$

$q_{\max}$  reikšmės yra tokios:

- horizontalūs keliai 16,5 m/min
- durų angos 19,6 m/min
- laiptai žemyn 16,0 m/min
- laiptai į viršų 11,0 m/min

Jeigu  $q_i > q_{\max}$ , tai to kelio ruožo pločio  $b_i$  reikšmę padidiname iki tiek, kad būtų patenkinta sąlyga  $q_i \leq q_{\max}$ . Jeigu šios sąlygos tenkinti negalime, tuomet srauto judėjimo intensyvumas ir greitis kelio ruože  $i$  nustatomas pagal 17.1 lentelę, kai  $D = 0,9$ .

**17.1 lentelė.** Žmonių srauto judėjimo greičio ir intensyvumo priklausomybė nuo tankio

Srauto tankis $D, \text{m}^2/\text{m}^2$	Horizontalus kelias		Durų anga	Laiptai žemyn		Laiptai į viršų	
	Greitis $V, \text{m}/\text{min}$	Intensyvumas $q, \text{m}/\text{min}$	Intensyvumas $q, \text{m}/\text{min}$	Greitis $V, \text{m}/\text{min}$	Intensyvumas $q, \text{m}/\text{min}$	Greitis $V, \text{m}/\text{min}$	Intensyvumas $q, \text{m}/\text{min}$
1	2	3	4	5	6	7	8
0,01	100	1	1	100	1	60	0,6
0,05	100	5	5	100	5	60	3
0,1	80	8	8,7	95	9,5	53	5,3
0,2	60	12	13,4	68	13,6	40	8
0,3	47	14,1	16,5	52	15,6	32	9,6
0,4	40	16	18,4	40	16	26	10,4
0,5	33	16,5	19,6	31	15,5	22	11
0,6	27	16,2	19	24	14,4	18	10,8
0,7	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,8	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,9 ir daugiau	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

Susiliejus dviem (ar daugiau) žmonių srautams  $i$ -tojo ruožo pradžioje, judėjimo intensyvumas skaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$q = \frac{\sum q_{i-1} \cdot b_{i-1}}{b_i}, \quad (17.6)$$

čia  $q_{i-1}$  – žmonių srauto judėjimo intensyvumas, susiliejus  $i$ -tojo ruožo pradžioje, m/min;  $b_{i-1}$  – kelio ruožų plotis prieš susiliejamą, m;  $b_i$  – nagrinėjamo  $i$ -tojo kelio ruožo plotis, m.

Jeigu  $q_i > q_{\max}$ , tai šio kelio ruožo plotį  $b_i$  reikia padidinti.

Gautas skaičiuojamasis žmonių evakuacijos laikas sulyginamas su būtinuoju evakuacijos laiku (17.2 ir 17.3 lentelės).

**17.2 lentelė.** Žmonių evakuacijos būtinasis laikas (min) iš I ir II laipsnio atsparumo ugniai pastatų

Patalpos	Evakuacijos būtinasis laikas, min, kai patalpų tūris tūkst. m <sup>2</sup>				
	iki 5	10	20	40	60
1	2	3	4	5	6
Teatrų, klubų, poilsio namų ir kitos žiūrovų salės su scenomis, universaliųjų parduotuvių prekybos salės	1,5	2	2,5	2,5	–
Žiūrovų, koncertų, paskaitų, susirinkimų, parodų ir kitos salės be scenų (kino teatrai, dengti sportiniai statiniai, cirkai, valgyklos)	2	3	3,5	4	4,5

**17.3 lentelė.** Žmonių evakuacijos būtinasis laikas (min) iš I, II ir III atsparumo ugniai laipsnio gamybinių pastatų

Gamybos kategorija	Pastatų tūris, tūkst. m <sup>3</sup>				
	iki 15	30	40	50	60 ir daugiau
1	2	3	4	5	6
B	0,5	0,75	1	1,5	1,75
C, D	1,25	2	2	2,5	3
E	Neribojama				

**Užduotis.** Apskaičiuoti žmonių evakuacijos trukmę iš jūsų organizacijos susirinkimų salės. Nubraižyti evakuacijos schemą.

**Duota:**

Varianto Nr.	Žmonių skaičius
1	40
2	30
3	25
4	50

## 18. Medinės konstrukcijos ribinės laikančiosios galios gaisro metu skaičiavimas

Gaisro metu medinėse konstrukcijose atsiranda apanglėjęs sluoksnis, kuris sumažina darbinį konstrukcijos skerspjūvį ir ji netenka pirminės laikančiosios galios.

Skaičiuojant konstrukcijos laikančiosios galios praradimo laiką, turi būti žinomas medienos apanglėjimo greitis  $V$ . Elementams, kurių skerspjūvis yra  $120 \times 120$  mm ir didesnis,  $V = 0,7$  mm/min, elementams, mažesniems už  $120 \times 120$  mm,  $V = 1$  mm/min.

Skaičiuojant nustatomas laikas  $T_{(r)}$ , per kurį konstrukcija pasiekia ribinį būvį.

Centriškai gniuždomų elementų ribinė laikančioji galia skaičiuojama taip:

$$\frac{N}{A_{(r)}} \geq R_n, \quad (18.1)$$

čia  $N$  – darbinė apkrova, N;  $A_{(r)}$  – konstrukcijos ribinis skerspjūvis,  $\text{cm}^2$ ;  $R_n$  – medienos norminis atsparumas, 25 MPa.

Žinant konstrukcijos plotį  $a$  ir storį  $b$ , skaičiavimai atliekami nuoseklaus priartėjimo būdu. Pirmiausia pasirenkamas gaisro poveikio konstrukcijai laikas  $T$ . Šiam laikui skaičiuojamas konstrukcijos skerspjūvio pokytis ir tikrinama (18.1) sąlyga. Jeigu sąlyga netenkina, imamas kitas laikas  $T$  ir skaičiavimas pakartojamas. Patingiausia skaičiavimus atlikti tokios formos lentelėje.

Lenkiamųjų elementų ribinė laikomoji galia apskaičiuojama taip:

$$\frac{M}{W_{(r)}} \geq R_l, \quad (18.2)$$

čia  $M$  – darbinės apkrovos lenkimo momentas, N·m;  $W_{(r)}$  – lenkiamojo elemento ribinis atsparumo momentas, cm<sup>3</sup>;  $R_l$  – norminis medienos atsparumas lenkimui, 30 MPa.

**18.1 lentelė.** Lentelė skaičiavimams atlikti

$T$ , min	$a_n = a - 2VT$ , cm	$b_n = b - 2VT$ , cm	$A = a_n \cdot b_n$ , cm <sup>2</sup>	$N/A$ , MPa
0				
15				
30				
45				
60				

Atlikus skaičiavimus 18.1 lentelėje, nubraižomas grafikas (laikančiosios ribinės galios priklausomybė nuo laiko  $T$ ). Iš grafiko nustatomas konstrukcijos atsparumo laikas  $T_{(r)}$  gaisro metu.

Esant linijinei apkrovai, lenkimo momentas  $M$  apskaičiuojamas taip:

$$M = \frac{Q \cdot l^2}{8}, \quad (18.3)$$

čia  $l$  – elemento ilgis, m;  $Q$  – darbinė apkrova, N/m.

Žinant konstrukcijos ilgį  $l$ , plotį  $a$  ir storį  $b$ , nuosekliai atliekami skaičiavimai priartėjimo būdu (18.2 lentelė).

**18.2 lentelė.** Duomenys skaičiavimams

$T$ , min	$a_n = a - 2VT$ , cm	$b_n = b - 2VT$ , cm	$W_r = \frac{a_n \cdot b_n^2}{6}$ , cm <sup>3</sup>	$\frac{M}{W_r}$ , MPa
0				
15				
30				
45				
60				

Toliau braižomas ribinės laikančiosios galios priklausomybės nuo laiko  $T$  grafikas ir nustatomas konstrukcijos atsparumo laikas  $T_{(r)}$  gaisro metu.

**Užduotis.** Apskaičiuoti medinės konstrukcijos ribinę laikančiąją galią gaisro metu.

**Duota:**

Varianto Nr.	$a$ , m	$b$ , m	$L$ , m	$N$ , kN	$Q$ , kN/m
1	0,09	0,1	6	140	80
2	0,15	0,18	6	120	60
3	0,15	0,18	6	120	60
4	0,15	0,18	6	120	60

## 19. Slėginių indų sprogo pavojaus skaičiavimas juos bandant hidrauliniu slėgiu

Kenksmingi teršalai gali patekti į aplinkos orą dėl slėgių skirtumo įrenginiuose ir aplinkoje, parcialinių slėgių skirtumo, nevisiško įvairių rūšių kuro sudegimo, cheminių reakcijų ir pan.

Išsiskiriančių kenksmingų teršalų kiekį galima nustatyti skaičiavimais arba pagal santykinius rodiklius ir dujų balansą. Skaičiavimo metodo esmė yra ta, kad nustatomas teorinis išsiskiriančių kenksmingų medžiagų kiekis iš visų įrenginio elementų: nesandarių flanšinių jungčių, riebokšlių ir tarpiklių, įrenginių angų, garavimo nuo atvirų paviršių ar degimo metu. Skaičiuojant galima nustatyti teršalų kiekį nuo vieno ar kelių įrenginių.

Kenksmingų teršalų kiekis, išsiskiriantis iš vamzdynų arba įrenginių pro nesandarias vamzdžių sujungimo vietas, apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$G = 3,57 \cdot 10^{-5} \eta \cdot m \cdot p \cdot V \sqrt{M/T} \text{ [g/val.]}, \quad (19.1)$$

čia  $\eta$  – atsargos koeficientas, lygus 1,5–2;  $p$  – slėgis vamzdyne, Pa;  $m$  – nehermetiškumo koeficientas, charakterizuojantis slėgio kritimą įrenginyje (iš 19.2 lentelės);  $V$  – dujinės fazės tūris įrenginyje, m<sup>3</sup>;  $M$  – molinė dujų masė (iš 19.3 lentelės);  $T$  – absoliučioji dujų arba garų temperatūra įrenginyje, K.

Dujinių teršalų kiekis, išsiskiriantis pro įrenginių angas, apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$G = 6840 \frac{b \cdot \sqrt{\rho_v}}{\rho_o - \rho_v} \cdot \left( \sqrt{[0,1p + (h+b)(\rho_o - \rho_v)]^3} - \sqrt{[0,1p + h_1(\rho_o - \rho_v)]^3} \right), \quad (19.2)$$

čia  $b$  – angos plotis, m;  $h$  – angos aukštis, m;  $\rho_v$  – dujų tankis įrenginio viduje, g/m<sup>3</sup>;  $\rho_o$  – aplinkos oro tankis, g/m<sup>3</sup> (esant 20°C aplinkos oro temperatūrai,  $\rho_o = 12000 \text{ g/m}^3$ );  $p$  – dujų slėgis įrenginio viduje, Pa.

Dujinių teršalų kiekis, išsiskiriantis į aplinką pro plyšius, apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$G = \frac{1406A^2 \cdot \Delta p}{v \cdot l \cdot g} \cdot 10^{-3} \text{ [g/val.]}, \quad (19.3)$$



čia  $A$  – plyšio plotas,  $m^2$ ;  $\Delta p$  – slėgių įrenginyje ir aplinkoje skirtumas, Pa;  $\nu$  – dujų kinematinis klampumas,  $m^2/s$ ;  $l$  – plyšio vidutinis ilgis, m;  $g$  – laisvojo kritimo pagreitis,  $m/s^2$  ( $g = 9,8 m/s^2$ ).

**19.1 lentelė.** Koeficiento  $k_t$  reikšmės

$\Delta t, ^\circ C$	10	20	30	40	50
$k_t$	0,614	0,58	0,54	0,48	0,44

**19.2 lentelė.** Nehermetiškumo koeficiento  $m$  reikšmės

Įrenginys	Terpė	Nehermetiškumo koeficientas, m val. <sup>-1</sup>	
Slėginiai indai, dujų kompresoriai, technologiniai įrenginiai su vamzdynais ir kiti slėginiai įrenginiai: ▪ naujai įrengti	toksiška, pavojinga gaisrui ir sproгимui	0,002	
	▪ pakartotinai išbandomi	0,005	
Degiųjų, toksiškų ir suskystintųjų dujų ir garų vamzdynai ▪ ceche	toksiška ir degi	0,0005	
	degi	0,001	
	▪ tarp cechų	toksiška ir degi	0,001
		degi	0,02

Garų, išsiskiriančių nuo atviro garavimo paviršiaus, kiekis apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$G = 930k_t \cdot D(C_p - C_o)Lk_s \cdot b^{0,1}A \cdot \varphi^{-0,9} [g/val.], \quad (19.4)$$

čia  $k_t$  – koeficientas, priklausantis nuo skysčio paviršiaus ir aplinkos oro temperatūrų skirtumo (iš 19.1 lentelės);  $C_p$  ir  $C_o$  – atitin-

kamai, medžiagos garų koncentracija skysčio paviršiuje ir ore,  $\text{kg/m}^3$ ;  $L$  – vietinio siurbtuvo nusiurbiamas oro kiekis,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;  $k_s$  – siurbimo koeficientas (veikiant siurbtuvui,  $k_s = 0,9$ );  $b$  – garavimo paviršiaus būdingas matmuo (pvz., 5 galvaninės vonios plotis), m;  $A$  – garavimo plotas,  $\text{m}^2$ ;  $\varphi$  – oro pritekėjimo prie vietinio siurbtuvo kampas;  $D$  – garų difuzijos koeficientas,  $\text{m}^2/\text{h}$ , apskaičiuojamas pagal formulę:

$$D = D_0 \left( \frac{273 + t_{sk}}{273} \right) \cdot \frac{101,325}{p}, \quad (19.5)$$

čia  $t_{sk}$  – skysčio temperatūra,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $p$  – barometrinis slėgis, kPa;  $D_0$  – difuzijos koeficientas normaliomis sąlygomis.

### 19.3 lentelė. Medžiagų molinė masė

Medžiaga	kg/mol	Medžiaga	kg/mol	Medžiaga	kg/mol
1	2	1	2	1	2
Vandenilis	2,0	Amoniakas	17,8	Nitrobenzenas	124,0
Anglies vandenilis	28,0	Etilo eteris	88,0	Gyvsidabris	207,0
Metanas	16,0	Acetonas	58,0	Sieros rūgštis	98,0
Vanduo	18,0	Etilo spiritas	46,0	Natrio šarmas	40,0
Benzinas	78,1	Chlorbenzenas	112,0	Benzinas	90,0
Dichlorešanas	99,0	Anilinas	93,0	Heksanas	86,2

**Užduotis.** Apskaičiuoti sprogoimo pavojų išbandant slėginius indus hidrauliniu slėgiu, kai vandens tūris  $V$  sumažėja 38,4 l.

### Duota:

Varianto Nr.	Tūris $V$ , l	Bandyimo slėgis, kPa	Sprogoimo laikas $t$ , h
--------------	---------------	----------------------	--------------------------

1	1000	600	0,1
2	1200	540	0,12
3	1400	500	0,15
4	1500	450	0,20

## 20. Spyruoklinių amortizatorių skaičiavimas

Spyruokliniams amortizatoriams naudojamos spyruoklės, suvytos iš apskritos vielos. Spyruokliniai amortizatoriai, skirti vertikaliųjų virpesių izoliacijai, gali būti skaičiuojami taip:

1. Surandame apkrovą, veikiančią į vieną spyruoklę:

$$F_1 = F_{st} + 1,5F_{din}, \text{ N}, \quad (20.1)$$

čia  $F_{st}$  – statinė apkrova, tenkanti vienai spyruoklei,

$$F_{st} = \frac{Q}{n},$$

čia  $Q$  – izoliuojamos mašinos svoris, N;  $n$  – spyruoklių skaičius, pasirenkame –  $n = 6$ ;  $F_{din}$  – dinaminė apkrova, tenkanti vienai spyruoklei.

$$F_{din} = \frac{Q_1}{n_1}, \quad (20.2)$$

čia  $Q_1$  – judančių (besisukančių) dalių svoris, N, pasirenkame  $Q_1 = 15 \div 30 \text{ N}$ ;  $n_1$  – spyruoklių skaičius,  $n_1 \approx n/2$ , bet ne mažiau  $n_1 = 4$ .

Surandame plieninės vielos diametrą  $d$ , iš kurios gaminsime spyruoklę:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{kF_1 \cdot \varepsilon}{\tau}} \cdot 10^{-2}, \text{ m} \quad (20.3)$$

čia  $k$  – koeficientas, įvertinantis papildomus kirpimo įtempius, kurie atsiranda vielos susilietimo vietoje, arti spyruoklės ašinės linijos,  $k = 1,18$ ;  $\varepsilon$  – spyruoklės indeksas. Pasirenkame  $\varepsilon = 8$ ;  $\tau$  – leistini kirpimo įtempiai,  $\text{N/m}^2$  ( $\tau = 45000\text{N/m}^2$ ).

Vielos diametrą  $d$  suapvaliname iki  $d_1$  ir patikriname sąlygą:

$$\frac{2,56 \cdot k \cdot F_1 \cdot \varepsilon \cdot 10^{-2}}{d_1} \leq [\tau]. \quad (20.4)$$

Surandame spyruoklės vijų skaičių:

$$i_1 = \frac{G \cdot d}{8k_{z_1} \cdot \varepsilon^3}, \quad (20.5)$$

čia  $G$  – tamprumo modulis  $G = 8 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ ;  $k_{z_1}$  – vienos spyruoklės standumas,  $\text{N/m}^2$ , nustatomas pagal tokią formulę:

$$k_{z_1} = \frac{Q \cdot f^2}{25 \cdot n}, \quad (20.6)$$

čia  $f$  – savųjų virpesių dažnis, Hz.

$$f = \frac{f_0}{\sqrt{1/\mu + 1}}, \quad (20.7)$$

čia  $f_0$  – priverstinių svyravimų dažnis, Hz;  $\mu$  – vibroizoliacijos koeficientas. Jis nustatomas pagal formulę:

$$\mu = \frac{a_l}{a_z}, \quad (20.8)$$

čia  $a_l$  – leistina virpesių amplitudė,  $a_l \cong 2 \cdot 10^{-5}$  m;  $a_z$  – priverstinių virpesių amplitudė, m.

Kadangi virpesių parametrai yra nežinomi, būtina išlaikyti sąlygą  $f/f_0 = 3 \div 4$ . Žinant besisukančių mašinos dalių apsisukimus  $n$  aps./min, priverstinių virpesių dažnis gali būti surastas  $f = n/60$ , kai  $n = 1000 \div 1400$  aps./min.

Nustatome bendrą spyruoklės vijų skaičių:

$$i = i_1 + i_2, \quad (20.9)$$

čia  $i_2$  – spyruoklės nedarbinių vijų skaičius, kuris nustatomas: kai  $i_1 \geq 7$ , tai  $i_2 = 2,0$ ; kai  $i_1 < 7$ , tai  $i_2 = 1,5$ .

Nustatome vijos žingsnį:

$$h = 0,25 \cdot D, \quad (20.10)$$

čia  $D$  – spyruoklės diametras, m.

$$D = \varepsilon \cdot d. \quad (20.11)$$

Nustatome neapkrautos spyruoklės ilgį:

$$H_0 = i \cdot h + (i_2 - 0,5) \cdot d_1. \quad (20.12)$$

Patikriname sąlygą, kuri užtikrina stabilų sistemos darbą bei įvertina metalo nuovargį, atsiradusį dėl dinaminių apkrovų:

$$H_o/D \leq 1,5. \quad (20.13)$$

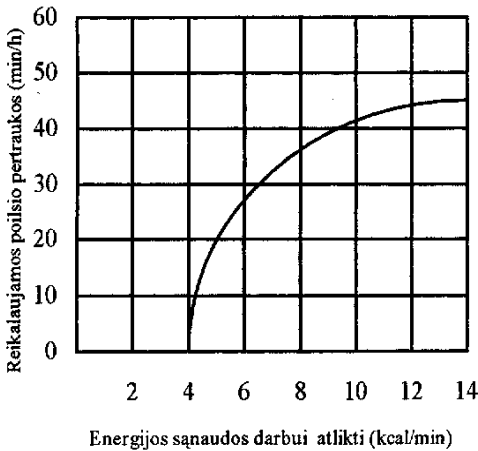
**Užduotis.** Apskaičiuoti mašinos ir operatoriaus darbo vietų virpesių izoliavimo galimybes panaudojant spyruoklinius amortizatorius.

**Duota:**

Varianto Nr.	Izoliuojamos mašinos svoris $Q$ , N	Spyruoklių skaičius, $n$
1	700	4
2	850	4
3	900	4
4	1 000	4

## 21. Darbo ir poilsio trukmės skaičiavimas

Moksliniais tyrimais nustatyta, kad vidutinių energijos sąnaudų viršutinė riba žmogui dirbant yra apytiksliai 4 kcal/min. Poilsio pertraukos yra reikalingos tam, kad žmogaus kūnas kompensuotų energiją pervirši virš šios ribos.



**21.1 pav.** Reikalingų poilsio pertraukų priklausomybė nuo darbo sunkumo

Poilsio trukmės, reikalingos duotajam darbui atlikti, skaičiavimo formulė tokia:

$$R = \frac{T(K - S)}{K - 1,5}, \quad (21.1)$$

čia  $R$  – poilsio trukmė, min;  $T$  – visas darbo laikas, min;  $K$  – energijos vidutinės sąnaudos (išreikštos kilokalorijomis per minutę), reikalingos darbui atlikti;  $S$  – normuojamas energijos sąnaudų kiekis, kcal/min.

J. F. Parkeris ir kiti nurodo, kad 1,5 kcal/min yra vidutinės energijos sąnaudos, kai žmogus ilsisi. Jeigu nustatome, kad  $S = 4$  kcal/min yra standartu reglamentuojama reikšmė, kai skaičiuojama poilsio trukmė, tuomet formulė 21.1 išreiškiama taip:

$$R = \frac{60(K - 4)}{K - 1,5}. \quad (21.2)$$

Be to, 21.1 pav. pateikiamas reikalingų poilsio pertraukų trukmės priklausomybės nuo energijos sąnaudų kiekio (darbui atlikti) grafikas.

Deguonies sąnaudos (t. y. energijai pagaminti, kuri skirta tam tikram darbui atlikti) yra pateikiamos 21.1 lentelėje. Atliekant poilsio trukmės skaičiavimus pagal 21.1 ir 21.2 formules, energijos sąnaudų skaičius imti iš 21.1 lentelės.

**21.1 lentelė.** Energijos sunaudojimas priklausomai nuo žmonių veiklos

Veikla	Deguonies suvartojimas, l/min	Ekvivalentinis šilumos pagaminimas, kcal/min
1	2	3
Miegojimas:		
▪ vyrai virš 40 metų amžiaus	0,22	1,1
▪ vyrai 20–30 metų amžiaus	0,24	1,2
▪ vyrai 25–20 metų amžiaus	0,25	1,3

21.1 lentelės tęsinys

Veikla	Deguonies suvartojimas,	Ekvivalentinis šilumos
--------	-------------------------	------------------------

	l/min	pagaminimas, kcal/min
1	2	3
<b>Ilsėjimasis:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ gulėjimas visiškai 0,24 1,2</li> <li>▪ atsipalaidavus sėdėjimas 0,34 1,7</li> </ul>		
<b>Lengva veikla stovint:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ drabužių plovimas 0,74 3,7</li> <li>▪ drabužių lyginimas lygintuvu 0,88 4,4</li> </ul>		
<b>Vidutinė veikla stovint:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ darbas sode 1,16 5,8</li> <li>▪ smėlio barstymas 1,36 6,8</li> </ul>		
<b>Sunkus darbas stovint:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ medžių kirtimas 1,50 7,5</li> <li>▪ žemės kasimas 1,78 8,9</li> </ul>		
<b>Labai sunkus darbas judant:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ krepšinio žaidimas 2,28 11,4</li> <li>▪ lipimas laiptais 2,40 12,0</li> </ul>		
<b>Ekstremali veikla:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ greitas žygiavimas karinėse pratybose 2,66 13,3</li> <li>▪ ištvermės žygiavimas 2,96 14,8</li> </ul>		
<b>Inžinerinės užduotys:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ suvirinimas 0,60 3,0</li> <li>▪ mašinų remontas 0,90 4,5</li> <li>▪ sunkūs, neilgai trunkantys surinkimo darbai 1,02 5,1</li> </ul>		
<b>Krūvio nešimas (vyrai):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ėjimas lygioje vietoje su 26,1 kg krūviu:  3,36 km/h 0,38 1,9  4,32 km/h 0,58 2,9  5,44 km/h 0,92 4,6  6,56 km/h 1,66 8,3</li> <li>▪ ėjimas į kalną, kurio pakilimo kampas 36 %, su 19,4 kg krūviu:  0,96 km/h 1,34 6,7</li> </ul>		

21.1 lentelės pabaiga

Veikla	Deguonies suvartojimas,	Ekvivalentinis šilumos
--------	-------------------------	------------------------



	l/min	pagaminimas, kcal/min
1	2	3
1,6 km/h	2,46	12,3
2,4 km/h	3,20	16,0
Plaukimas vandens paviršiumi:		
▪ brasu 4,8 km/h	19,4	97,0
▪ krauliu 4,8 km/h	9,6	48,0
peteliške 4,8 km/h	15,0	75,0

**Užduotis.** Apskaičiuoti reikalingą poilsio trukmę

**Duota.** Darbo laikas – 1 h (skaičiuoti visiems darbams pagal 21.1 lentelę). Atliekant darbus, ekvivalentinis šilumos pagaminimas  $K > 4$  kcal/min.

Varianto Nr.	Darbo laikas, h	Ekvivalentinis šilumos pa- gaminimas, kcal/min
1	4	4
2	6	3,5
3	8	3
4	5	2,5

## 22. Šilumos kiekio, nutekėjusio pro langą, ir oro molekulių vidutinio laisvojo lėkio dydžio skaičiavimas

1. Ieškomas šilumos kiekis dviejų stiklų langui apskaičiuojamas taip:

$$Q = -X \frac{\Delta T}{\Delta x} S t \text{ J}, \quad (22.1)$$

čia  $X$  – šilumos laidumo koeficientas. Oro šilumos laidumo koeficientas tarp stiklų  $X = 2,41 \cdot 10^{-2} \frac{\text{J}}{\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{K}}$ ;  $\Delta T$  – temperatūrų skirtumas – pastovus ir tolygus,  $\Delta T = 20\text{K}$ ;  $\Delta x$  – atstumas tarp lango

stiklų, cm;  $\frac{\Delta T}{\Delta x}$  – temperatūros gradientas;  $S$  – lango plotas, per kurį teka šiluma, m<sup>2</sup>;  $t$  – laikas, s.  $t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$ .

Ženklas „–“ – rodo, kad šiluma yra pernešama nuo šiltesnio paviršiaus prie šaltesnio, t. y. prieš temperatūros gradientą.

2. Pagal molekulinę kinetinę teoriją, dujų šilumos laidumo koeficientas apskaičiuojamas:

$$X = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle C_V \rho, \quad (22.2)$$

čia:  $\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT_K}{\pi\mu}}$ ,  $\langle v \rangle$  – vidutinis oro molekulių greitis, m;  $\langle \lambda \rangle$  – vidutinis molekulių laisvasis lėkis, m;  $C_V$  – oro savitoji šiluma esant pastoviam tūriui,  $c_V = 718 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ ;  $\rho$  – oro tankis,  $\rho = 2,25 \text{ kg/m}^3$ ;  $\mu_{oro}$  – oro dujų molinė masė,  $\mu = 29 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ ;  $R$  – universalioji dujų konstanta,  $R = 8,31 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ ;  $T_K$  – 273 K, temperatūra  $T_K = T_c + 273,2^\circ$ .

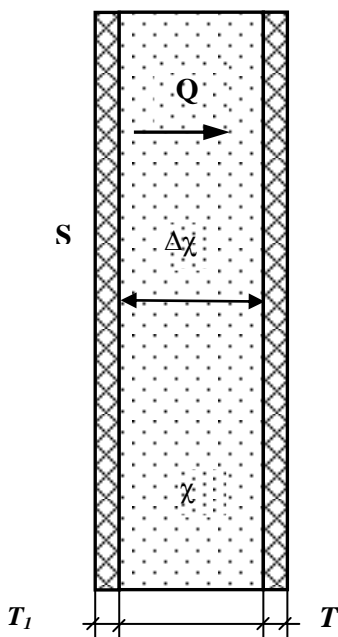
Iš formulės (22.2) išreiškę  $\langle \lambda \rangle$  ir įrašę dydžių skaitines reikšmes, gauname oro molekulių laisvąjį lėkį:

$$\langle \lambda \rangle = \frac{3X}{\langle v \rangle C_V \rho} = 1,75 \cdot 10^{-7}. \quad (22.3)$$

Galima teigti, kad šilumos nutekėjimas dėl oro šilumos laidumo yra viena iš būsto šilumos nuostolių priežasčių. Šiam nuotėkiui sumažinti hermetizuoti langų stiklo paketai užpildomi argonu, kurio šilumos laidumo koeficientas yra trečdaliu mažesnis už oro.

Dujų šilumos laidumo koeficientas nepriklauso nuo dujų tankio (vadinasi, ir nuo slėgio). Iš tikrųjų, padidėjus dujų tankiui, tiek pat

kartų sumažėja vidutinis molekulių laisvasis lėkis. 22.2 formulė rodo, kad šilumos laidumo koeficientas, kuris yra proporcingas tankio ir vidutinio molekulių laisvojo lėkio sandaugai, nepasikeis. Visos šiame uždavinyje taikytos formulės skirtos idealiųjų dujų modeliui. Realiųjų dujų savybės skiriasi nuo idealiųjų tuo daugiau, kuo didesnės yra realiųjų dujų molekulės ir kuo stipresnė jų sąveika per atstumą.



**22.1 pav.** Šilumos, nutekėjusios pro langą, skaičiavimo schema

Dujų šilumos laidumo koeficientas yra tiesiog proporcingas molekulių vidutiniam greičiui  $\langle v \rangle$ , vadinasi, jis yra tiesiog proporcingas kvadratinei šakniai iš dujų absoliučiosios temperatūros ( $X \approx \sqrt{T}$ ). Visi ankstesni samprotavimai tinka tik pakankamai tankioms dujoms, kai molekulių laisvasis lėkis yra žymiai mažesnis už indo matmenis ( $\langle \lambda \rangle \langle d \rangle$ ). Praretintųjų dujų savybės priklauso nuo praretinimo laipsnio.

Atstumas tarp lango stiklų  $\Delta x = 1 \text{ cm}$ , jų temperatūrų skirtumas pastovus ir lygus  $\Delta T = 20 \text{ K}$ . Tarp stiklų yra oras, kurio šilumos laidumo koeficientas  $X = 2,41 \cdot 10^{-2} \frac{\text{J}}{\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{K}}$  (22.1 pav.).

Koks šilumos kiekis nuteka dėl oro šilumos laidumo pro lango plotą  $S = 1 \text{ m}^2$  ir per laiką  $t = 1 \text{ h}$ . Raskite oro molekulių vidutinį laisvąjį lėkį, jei savitoji šiluma esant pastoviam tūriui  $c_V = 718 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ , tankis  $\rho = 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , temperatūra  $T = 273 \text{ K}$ , molinė masė  $\mu_{\text{oro}} = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ .

**Duota:**  $S = 1 \text{ m}^2$ ,  $\Delta x = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$ ,  $\rho = 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  $\Delta T = 20 \text{ K}$ ,

$X = 2,41 \cdot 10^{-2} \frac{\text{J}}{\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{K}}$ ,  $t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$ ,  $c_V = 718 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ ,  $T = 273 \text{ K}$ ,

$\mu_{\text{oro}} = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ .

**Rasti  $Q$ .**

Sprendimas:

1. Ieškomas šilumos kiekis:

$$Q = -X \frac{\Delta T}{\Delta x} S t, \quad (22.1.1)$$

Irašę į 22.1.1 formulę skaitines dydžių reikšmes, gauname:

$$Q = 1,73 \cdot 10^5 \text{ J}.$$

2. Pagal molekulinę kinetinę teoriją, dujų šilumos laidumo koeficientas:

$$X = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle C_V \rho, \quad (22.2.1)$$

Iš formulės (22.2.2) išreiškę  $\langle \lambda \rangle$  ir įrašę dydžių skaitines reikšmes, gauname oro molekulių laisvąjį lėkį:

$$\langle \lambda \rangle = \frac{3X}{\langle v \rangle c_V \rho} = 1,75 \cdot 10^{-7}.$$

**Užduotis.** Apskaičiuoti šilumos, nutekėjusios pro langą, kiekį ir oro molekulių laisvojo lėkio dydį.

**Duota:**

Varianto Nr.	Lango plotas $S$ , $m^2$	Laikas $t$ , (h)	Atstumas tarp lango stiklų $\Delta x$ , cm
1	2	1	3
2	1,5	3	5
3	3	4	10
4	2,5	2	15

### 23. Oro, išmetamo pro ventiliacinę angą, po valymo mechaniniais filtrais skaičiavimas

Dulkėms ir aerzoliams sulaikyti naudojami įvairūs filtrai (au-dekliniai, pluoštiniai kasetiniai, tinkliniai rankoviniai ir t. t.). Jie skiriasi pagal konstrukciją ar filtruojančios pertvaros tipą. Filtravimo procesas – tai priemaišų dalelių sulaikymas akytosiose pertvarose. Filtrais sulaikomos kietosios ar skystosios dalelės. Filtrą sudaro korpusas ir filtravimo elementas. Filtravimo elemento porose susidaro priemaišų sluoksnis, kuris padidina filtravimo efektyvumą.

Oras ventiliacijos sistemose dažniausiai išvalomas tinkliniais filtrais, kurių filtruojantis elementas yra rėmelis su metaliniu ar stiklo audinio tinkleliu.

Skaičiuojant filtrus, nustatoma leidžiamoji dulkių koncentracija iš filtro išeinančiame ore  $c_p$ ,  $mg/m^3$ :

$$c_p = 0,3c_{DLK}, \quad (23.1)$$

čia  $c_{DLK}$  – didžiausia leidžiamoji dulkių koncentracija ore,  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

Tuomet pagal 23.1 lentelę parenkamas filtras. Žinant vieno filtro praleidžiamo oro kiekį, apskaičiuojamas reikalingas filtrų kiekis pagal tokią išraišką:

$$n = Q/q, \quad (23.2)$$

čia  $Q$  – išvalomo oro kiekis,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;  $q$  – vieno filtro praleidžiamo oro kiekis,  $\text{m}^3/\text{h}$  (23.1 lentelė). Nustatomas suminis visų filtrų filtruojančio paviršiaus plotas,  $\text{m}^2$ :

$$A = a \cdot b \cdot n, \quad (23.3)$$

čia  $a$  ir  $b$  – filtro skerspjūvio matmenys,  $\text{m}$ .

### 23.1 lentelė. Techninės tinklinių filtrų charakteristikos

Filtras	Pradinis / galinis pasipriešinimas	Sulaikomų dulkių kiekis $m$ , $\text{g}/\text{m}^2$	Filtrų matmenys $a \times b \times c$ , $\text{mm}$	Praleidžiamo oro kiekis $q$ , $\text{m}^3/\text{h}$
1	2	3	4	5
ФяР	40/300	1500	514x514x55	1540
ФяВ	50/300	2000	514x514x55	1540
ФяУ	40/300	400	514x514x55	1540
ФяП	60/300	200	514x514x55	1540

Suminis sulaikomų dulkių kiekis  $M$  apskaičiuojamas taip:

$$M = m' \cdot A, \quad (23.4)$$

čia  $m$  – vieno filtro sulaikomų dulkių kiekis.

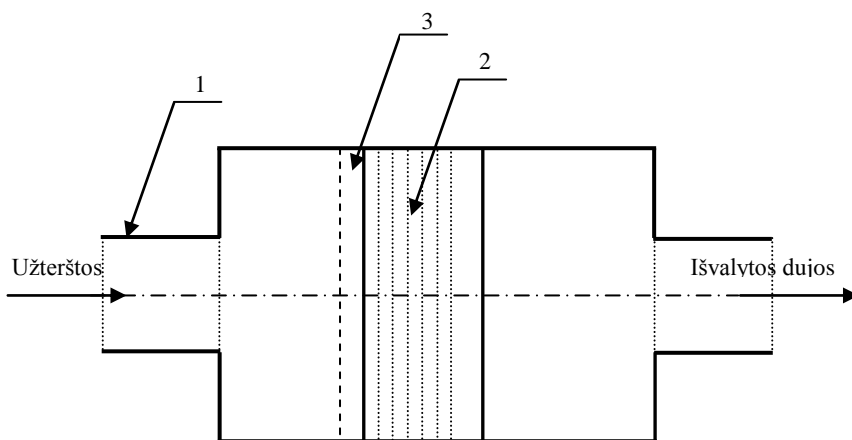
Filtrų naudojimo laikas, nekeičiant filtracijos medžiagos, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$T = 1000M(Q(c_a - c_p)). \quad (23.5)$$

Nustatomas oro išvalymo nuo dulkių efektyvumas  $\eta\%$ :

$$\eta = 100(c_a - c_p)/c_a, \quad (23.6)$$

čia  $c_a$  – dulkių koncentracija valomame ore,  $\text{mg/m}^3$ .



**23.1 pav.** Principinė filtro schema:

1 – korpusas; 2 – filtruojantis elementas; 3 – priemaišų sluoksnis

**Užduotis.** Apskaičiuoti oro, išmetamo pro ventiliacinę angą, kiekį po valymo mechaniniais filtrais.

**Duota:**

Varianto Nr.	Išmetamo oro kiekis, $\text{m}^3/\text{h}$	Leidžiamoji dulkių koncentracija, $\text{mg/m}^3$	Dulkių koncentracija ore, $\text{mg/m}^3$
1	3 500	0,35	5
2	4 500	0,40	58
3	6 000	0,42	43

4	4 000	0,30	30
---	-------	------	----

## 24. Vandenilio, ištekėjusio pro ventiliį iš baliono, kiekio skaičiavimas

Pasirenkame, kad balione esančių vandenilio dujų tūris  $V$  ( $\text{m}^3$ ), temperatūros  $T_1 = 273^0 C + t_1$  ir  $T_2 = 273^0 C + t_2$ .

Sprendimui pasinaudosime žinoma Klapeirono lygtimi:

$$p \cdot V = \frac{m_1}{M} \cdot R \cdot T_1 \text{ ir surandame pirminę vandenilio masę:}$$

$$m_1 = \frac{p \cdot V \cdot M}{R \cdot T_1}, \quad (24.1)$$

čia  $p$  – slėgis, Pa;  $V$  – tūris,  $\text{m}^3$ ;  $R$  – universalioji dujų konstanta visoms dujoms,  $\text{kJ/mol} \cdot \text{K}$ .  $R = 8,134 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ ;  $M$  – molekulinė dujų masė,  $\text{kg/mol}$ .

Skaičiuojant išreikšti baliono tūrį:  $V \rightarrow m^3$  ( $1 \text{ l dujų} = 10^{-3} \text{ m}^3$ ), slėgį  $p \rightarrow Pa$  ( $1 \text{ at} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ ), temperatūrą  $T \rightarrow K$  ( $T = 273^0 C + t$ ) K.

Analogiškai surandame vandenilio dujų, likusių balione, masę  $m_2$ :

$$m_2 = \frac{p \cdot V \cdot M}{R \cdot T_2}.$$

Galutinė išraiška – ištekėjusio iš baliono vandenilio dujų masė bus:

$$\Delta m = m_1 - m_2 = \frac{p \cdot V \cdot M}{R \cdot T_1} - \frac{p \cdot V \cdot M}{R \cdot T_2} = \frac{p \cdot V \cdot M}{R} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_1 \cdot T_2} \text{ (kg)}.$$



**Užduotis.** Apskaičiuoti iš baliono pro ventilių ištekėjusio vandenilio kiekį, jeigu yra žinoma, kad esant aplinkos temperatūrai  $^{\circ}\text{C}$ , manometras parodė slėgį  $p = 5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ . Pakilus aplinkos temperatūrai, slėgis liko tas pats.

**Duota:**

Varianto Nr.	Baliono tūris $V, l$	Pradinė temperatūra $t_1, ^{\circ}\text{C}$	Galutinė temperatūra $t_2, ^{\circ}\text{C}$	Dujos	Dujų molekulinė masė $M, \text{kg/mol}$
1	15	10	22	vandenilis	2,016
2	20	12	21	deguonis	31,99
3	25	15	20	azotas	28,01
4	30	17	25	metanas	16,00

## 25. Automobilio išmetamųjų dujų kenksmingų komponentų skaičiavimas

Atmosferos oro užterštumui didelę įtaką daro automobilių išmetamosios dujos. Didžiausios automobilių išmetamų teršalų turbulencijos atmosferos ore susidaro miestų intensyvaus eismo gatvėse, transporto tuneliuose. Kenksmingos teršalų koncentracijos dydis ore priklauso nuo eismo intensyvumo, vėjo krypties ir stiprumo, šalia magistralės esančių pastatų aukščio, jų išdėstymo ir kt. veiksmų. Tai turi įtakos kelius remontuojančių darbininkų, pėsčiųjų, transporto priemonių vairuotojų ir kitų žmonių sveikatai.

Automobilio išmetamosiose dujose yra daug kenksmingų komponentų: anglies viendeginio CO, angliavandenilių  $\text{C}_x\text{H}_y$ , azoto oksidų  $\text{NO}_x$ , švino, suodžių ir kt. Šių komponentų kiekius ir turbulencijas galima apskaičiuoti. Automobilio kenksmingo išmetamųjų dujų komponento koncentraciją antžeminiame sluoksnyje galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$C_i = \frac{D \cdot \varphi \cdot Q_i \cdot z}{V \cdot A}, \quad (25.1)$$

čia  $C_i$  –  $i$ -tojo automobilio kenksmingo išmetamųjų dujų komponento koncentracija oro sluoksnyje virš magistralės taške, kuris nutolęs atstumu  $\bar{X}$  nuo išmetimo šaltinio vėjo kryptimi,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ;  $D$  – koeficientas kuriuo įvertinama šalia magistralės esančių pastatų aukštumo įtaka vėjo srauto turbulenciškumui:  $D = 0,6 \div 1,0$ ;  $\varphi$  – koeficientas, kuriuo įvertinama vėjo gūsių ir krypties nepastovumo įtaka teršalų koncentracijos mažėjimui. Vėjo srauto stabilumo koeficientas skaičiuojamas taip:

$$\varphi = \frac{Q}{\Delta U}. \quad (25.2)$$

Parametru  $Q = 0,55 \div 0,90$  įvertinamas skirtingos krypties vėjo srautų pasikartojimas išilgai magistralės ašies.

Koeficientu  $\Delta U$  įvertinamas vėjo srauto greičio netolygumas (gūsingumas). Kai vėjo greitis nedidelis,  $\Delta U = 0,8$ ;

čia  $z$  – kompleksinis parametras, kuriuo įvertinamas (25.1) koncentracijos mažėjimas dėl vėjo srauto turbulenciškumo,  $l/m$ . Kompleksinis parametras  $z$  taškui, nutolusiam atstumu  $x$  nuo išmetimo šaltinio, skaičiuojamas pagal formulę:

$$z = \frac{1}{px} \exp\left(-\frac{H}{px}\right) = -\frac{H}{10x}, \quad (25.3)$$

čia  $p$  – vertikaliųjų turbulentiškumo difuzijos koeficientas (vidutinėmis sąlygomis  $p = 0,05$ );  $H$  – dujų šaltinio išmetimo aukštis,  $m$  (lengviesiems automobiliams – 0,4; sunkvežimiams – 0,6; bendrajam srautui – 0,5);  $V$  – vėjo greitis,  $m/s$ ;  $A$  – koeficientas, kuriuo įvertinama šalia magistralės esančios teritorijos užstatymo tankumo įtaka oro apytakai (25.1 lentelė);  $x$  – atstumas,  $m$  ( $x = 15-25 m$ );  $Q_i$  –  $i$ -tojo kenksmingo komponento išmetimo intensyvumas, atsižvelgiant į transporto judėjimo netolygumą,  $\text{mg}/(m \cdot s)$ , skaičiuojamas pagal formulę:

$$Q_i = q_l^i \cdot N_l + q_s^i \cdot N_s, \quad (25.4)$$

čia  $N_l$  ir  $N_s$  – atitinkamai lengvųjų automobilių ir sunkvežimių eismo intensyvumas;  $q_l^i$  ir  $q_s^i$  – santykinis  $i$ -tojo kenksmingo komponento kiekis, išmetamas lengvųjų automobilių ir sunkvežimių.

### 25.1 lentelė. Koeficiento A reikšmės

Šalia magistralės esančios teritorijos užstatymo charakteristika	Santykinis tarpų tarp pastatų ilgis, %	Koeficientas A
1	2	3
▪ labai tankus	10–19	0,59–0,71
▪ tankus	20–29	0,72–0,82
▪ vidutinio tankumo	30–39	0,82–0,90
▪ mažo tankumo	40–49	0,90–0,97
▪ laisvas	50–60	0,97–1,00
▪ atvira erdvė	60	1,00

Anglies viendeginio santykinis kiekis  $q_{CO}^{l(s)}$  apskaičiuojamas pagal formulę:

$$q_{CO}^{l(s)} = \frac{10^4 \cdot R_{CO}^{l(s)}}{\alpha_{l(s)} \cdot V_1 + \beta_{l(s)} \cdot L + \gamma_{l(s)} \cdot V_1 \cdot L}, \quad (25.5)$$

čia  $R_{CO}^{l(s)}$  – kompleksinis koeficientas, kuriuo įvertinamas eksploatuojamo automobilių parko amžius, techninė būklė ir kt., įtaka išmetamo CO kiekiui. Šis dydis lengviesiems automobiliams  $R_{CO}^l = 2,07 + 2,31$ , sunkvežimių  $R_{CO}^s = 2,26 + 2,48$ ;  $V_1$  – vidutinis greitis, kuriuo galima nuvažiuoti magistralės atkarpa, atsižvelgiant į sustojimus prie šviesoforų, km/h. Mieste  $V_1 = 25 \div 35$  km/h;  $L$  – vidutinis atstumas tarp šviesoforų kurioje nors gatvės atkarpoje, km ( $L = 25 \div 35$  km);  $\alpha, \beta, \gamma$  – koeficientai (25.2 lentelė). Anglies viendeginio koncentracija negali būti didesnė kaip  $5 \text{ mg/m}^3$ .

**25.2 lentelė.** Koeficientai  $\alpha, \beta, \gamma$

Automobilių tipas	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
Lengvieji automobiliai	1	67,0	-0,620
Sunkvežimiai	0,575	16,7	-0,145

**Uždavinys.** Apskaičiuoti automobilio išmetamųjų dujų kenksmingus komponentus.

**Duota:**

Varianto Nr.	Sunkvežimių eismo intensyvumas $N_1$	Lengvųjų automobilių eismo intensyvumas $N_2$	Vidutinis važiavimo greitis $V$ , km/h	Atstumas tarp šviesoforų gatvėje $L$ , m
1	8	16	25	200
2	6	12	20	250
3	10	20	28	250
4	12	24	30	300

**26. Pavojingos sprogios koncentracijos susidarymo patalpoje skaičiavimas**

Apskaičiuojame benzino garavimo intensyvumą:

$$m = 4rD_t \cdot \frac{\mu \cdot P_s}{V_t \cdot P_{at}}, \quad (26.1)$$

čia  $D_t$  – benzino garų difuzijos koeficientas,  $\text{cm}^2/\text{s}$ ;  $\mu$  – benzino molekulinis svoris  $\mu = 96$ ;  $V_t$  – benzino grammolekulės tūris, kai  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ ,  $V_t = 1$ ;  $P_{at}$  – atmosferos slėgis,  $P_{at} = 101,3 \text{ kPa}$ ;  $P_s$  – benzino sočiųjų garų slėgis,  $P_s = 0,1 \text{ MPa}$ ;  $r$  – išsiliejusio benzino dėmės dydis  $r = 2m$ .

Surandame benzino garų difuzijos koeficientą:

$$D_t = D_0 \frac{T - t_0}{T}, \quad (26.2)$$

čia  $T$  – benzino išgaravimo laikas (h),  $T = 2 \div 4 \text{ val.}$ ;  $D_0$  – benzino garų difuzijos koeficientas,  $\text{cm}^2/\text{s}$ , kai  $t_0 \neq 0^\circ \text{C}$  ir slėgis lygus 0,1 MPa, tai  $D_0 = 0,8/\sqrt{M}$ ,  $t_0 = 20^\circ \text{C}$ .

Apskaičiuojame benzino garų grammolekulės tūrį  $\text{cm}^3$ , kai  $t_0 = 20^\circ \text{C}$ :

$$V_t = \frac{V_0(t+T)}{T}, \quad (26.3)$$

čia  $V_0$  – benzino garų grammolekulės tūris, kai  $t_0 = 0^\circ \text{C}$  ir slėgis  $p = 0,14 \text{ MPa}$ ;  $V_0 = 22,4 \text{ l}$ .

Nustatome benzino išgaravimo laiką:

$$T = \frac{1000 \cdot Q \cdot \gamma}{m \cdot 3600}, \quad (26.4)$$

čia  $\gamma$  – benzino tankis,  $\gamma = 0,73$ ;  $Q$  – išsiliejusio benzino kiekis  $l$ ,  $Q = 10 \div 50 \text{ l}$ .

Surandame svorių koncentraciją  $\text{mg/l}$ :

$$K_{sv} = \frac{K_t \cdot M \cdot 10}{V_t}, \quad (26.5)$$

čia  $K_t$  – mažiausia sprogi benzino koncentracija, esant  $t_0 = 20^\circ \text{C}$ ,  $V_t = 1$ ;  $K_t = (0,79 \div 5,16)\%$ .

Sprogi koncentracija 1 m<sup>3</sup> oro susidarys:

$$V = \frac{Q}{K_{sv}}, \quad (26.6)$$

čia  $Q$  – benzino kiekis.

**Uždavinys.** Apskaičiuoti temperatūrinės benzino užsiliepsnojimo ribas. Koncentracinės benzino ribos yra (0,79 ÷ 5,16) %.

**30.1 lentelė.** Benzino išgaravimo laikas ir dėmės dydis

Varianto Nr.	Benzino išgaravimo laiko riba, h	Benzino dėmės dydis $r$ , m
1	2,0	250
2	2,5	200
3	2,0	320
4	3,5	280

## LITERATŪRA

1. Čyras, P.; Šukys, R.; Girnius, V.; Kaminskas, K. A.; Nainys, V.; Tartilas, J. 2003. *Profesinė sauga ir sveikata. Ergonomikos principai: vadovėlis*. Vilnius: Technika. 404 p.
2. Čyras, P.; Šukys, R.; Kaminskas, K. A.; Girnius, V. 1998. *Žmonių saugos darbe praktiniai uždaviniai: mokomoji knygelė*. Vilnius: Technika. 112 p.

3. Čyras, P.; Šukys, R. 1997. *Gaisrinės saugos pagrindai*: mokomoji knygelė. Vilnius: Technika. 48 p.
  4. Čyras, P.; Tartilas, J. 1998. *Darbu saugos įstatyminis reglamentavimas*: mokomoji knygelė. Vilnius: Technika. 52 p.
  5. Šukys, R.; Čyras, P.; Kaminskas, K. A.; Girnius, V.; Nainys, V. 2004. *Žmonių sauga darbe*: laboratoriniai darbai. Vilnius.
- Vilniaus Gedimino technikos universitetas [interaktyvus] 2009. Prieiga per internetą:  
<[www.vgtu.lt/statybos fakultetas/Darbo ir gaisrinės saugos katedra/studentams/](http://www.vgtu.lt/statybos_fakultetas/Darbo_ir_gaisrinės_saugos_katedra/studentams/)>

Petras ČYRAS, Ritoldas ŠUKYS, Vytautas NAINYS, Valmantas GIRNIUS

ŽMONIŲ SAUGA

Mokomoji knyga

Redaktorė

Viršelio dizainerė

2008 10 06. I. Tiražas egz.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto leidykla „Technika“

Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, <http://leidykla.vgtu.lt>

Spausdino UAB „Baltijos kopija“

Kareivių g. 133, 09109 Vilnius, [www.kopija.lt](http://www.kopija.lt)