

Irena Poškienė, Darius Albrektas



# MEDIENOS DŽIOVINIMAS

---

METODINIAI NURODYMAI



**KAUNO KOLEGIJA  
TECHNOLOGIJŲ FAKULTETAS  
PRAMONĖS INŽINERIJOS IR ROBOTIKOS KATEDRA**

Irena Poškienė, Darius Albrektas

## **MEDIENOS DŽIOVINIMAS**

**KURSINIS PROJEKTAS  
METODINIAI NURODYMAI**

Kaunas, 2022

Patvirtinta Pramonės inžinerijos ir robotikos katedros posėdžio 2022-04-06 protokolo Nr. T6-8 nutarimu.

Recenzavo: doc. dr. Gintaras Keturakis

# TURINYS

1. ĮVADAS.....	4
2. TECHNOLOGINĖ SKAIČIUOTĖ .....	5
2.1. Kameros tipo, džiovinimo būdo ir režimo parinkimas .....	5
2.2. Medienos džiovinimo trukmės skaičiavimas .....	10
2.3. Kamerų našumo ir kiekio skaičiavimas .....	13
2.4. Faktiškosios medienos kiekio perskaičiavimas į sąlyginę medieną ir reikiamo kamerų kiekio nustatymas.....	15
2.5. Džiovinimo cecho gamybinių ir kitų patalpų skaičiavimas .....	17
3. ŠILUMINĖ SKAIČIUOTĖ .....	18
3.1. Išgarinamo drėgmės kiekio ir džiovinimo agento parametrų skaičiavimas .....	18
3.2. Medienos džiovinimo šilumos sąnaudų skaičiavimas .....	21
3.3. Kameros konstrukcinių elementų parinkimas ir šilumos nuostolių per atitvarus skaičiavimas .....	22
3.4. Kaloriferių parinkimas .....	25
4. KAMEROS AERODINAMINĖ SKAIČIUOTĖ .....	27
4.1. Faktoriai, lemiantys aerodinaminių pasipriešinimų susidarymą.....	27
4.2. Aerodinaminės džiovinimo agento schemos sudarymas .....	27
4.3. Pasipriešinimo ruožų plotų ir agento greičių juose skaičiavimas .....	29
4.4. Agento aerodinaminių nuostolių skaičiavimas .....	29
4.5. Ventiliatorių ir jų elektros variklių parinkimas.....	33
5. MECHANIZMŲ IR CECHO PERSONALO PARINKIMAS .....	36
5.1. Mechanizmų parinkimas ir džiovinimo proceso valdymo principai.....	36
5.2. Cecho personalo parinkimas .....	37
6. DARBŲ SAUGA MEDIENOS DŽIOVINIMO CECHE.....	39
7. GRAFINĖ PROJEKTO DALIS .....	41

## 1. ĮVADAS

Mediena plačiai naudojama įvairioms statybinėms konstrukcijoms, apdailos darbams, baldams gaminti. Šie gaminiai pasižymi visa eile gerų techninių savybių: jie lengvi, palyginti stiprūs, mažai laidūs šilumai. Mediena lengvai apdirbama ir gana nebrangiai kainuoja.

Kadangi mediena yra higroskopiška medžiaga, (turi savybę sugerti ir išgarinti drėgmę), prieš jos apdirbimą būtina ją ypač gerai išdžiovinti. Pažymėtina tai, jog visam medienos džiovavimo procesui reikalingi sudėtingi įrengimai ir kruopščiai parinktas džiovavimo procesas. Netinkamai išdžiovintoje medienoje būna daug matomų ir nematomų defektų, dėl ko ji nėra tinkama gamybai.

Iš medienos drėgmė gali būti pašalinama ją išgarinant, išvirinant arba mechaniškai (pastarasis metodas praktiškai nenaudojamas). Džiovavimo tikslai yra šie: stabilizuoti detalių matmenis ir formą, padidinti atsparumą biologinių kenkėjų poveikiui, ugniai, sumažinti medienos masę ir higroskopiškumą, padidinti stiprumą. Pagaminti iš blogai išdžiovintos medienos baldai laiko 2–3 metus, o iš gerai išdžiovintos – 10 kartų ilgiau. Nuostoliai kurie susidaro naudojant nedžiovintą, arba blogai išdžiovintą medieną, yra daug kartų didesni už išlaidas medienos džiovykloms statyti ir eksploatuoti.

Atsižvelgiant į šilumos perdavimą, yra konvekcinis, kondukcinis, termoradiacinis ir elektrinis džiovinimas. Praktikoje plačiausiai paplitęs konvekcinis medienos džiovinimo būdas. Jis skiriamas į atmosferinį ir kamerinį. Pirmuoju atveju sortimentai džiovinami atmosferoje, sukrauti į rietuves tam skirtose aikštelėse, o antruoju – specialiuose įrenginiuose šiltu agentu (oru, kūryklų dujomis, perkaitintu garu, organinių skysčių garais ir t. t). Kondukciniu būdu daugiausia džiovinami lakštiniai ir smulkūs sortimentai, termoradiaciniu – apdailinti paviršiai, kartais – lakštinė mediena. Džiovinant kondukciniu būdu, šiluma medienos paviršiui perduodama nuo įkaitinto metalinio paviršiaus. Džiovinamos termoradiaciniu būdu medienos arba apdailos paviršius šildomas infraraudonaisiais spinduliais. Džiovinama elektriniu būdu mediena išyla, ir iš jos išgaruoja drėgmė, įdėjus į aukštadažnį arba pramoninio dažnio elektromagnetinį lauką.

## 2. TECHNOLOGINĖ SKAIČIUOTĖ

### 2.1. Kameros tipo, džiovavimo būdo ir režimo parinkimas

Džiovinimo kamerų tipas ir konstrukcija parenkama pagal džiovinamos medienos paskirtį ir kiekį. Plačiausiai naudojamos ir kokybiškiausios pjautinės medieną džiovina periodinės konvekcinės kameros, kuriose kaip agentas yra naudojamas drėgnas oras ar vandens garai. Džiovinimas atliekamas pagal tam tikrus režimus – agento parametrų kitimo grafiką laike. Pagrindiniai palaikomi ir reguliuojami agento parametrai yra temperatūra, drėgnis ir, kartais, srauto greitis. Temperatūros palaikymui naudojami įvairių tipų kaloriferiai, dažniausiai šildomi vandeniu. Džiovinimo agentui drėkinti yra įrengiama drėkinimo – šutinimo sistema, o cirkuliacija užtikrinama įvairių parametrų ašiniaisiais ventiliatoriais.

Paprastai parenkamos tokio dydžio džiovavimo kameros, kad ceche jų būtų nuo 2 iki 10. Kai ceche yra daugiau kamerų, padidėja manevringumas, bet kartu apsunkinamas valdymas ir kontrolė.

Pagrindinės medienos džiovavimo kameros techninės charakteristikos:

Kameros išoriniai matmenys:

Ilgis – ----- m;

Plotis – ----- m;

Aukštis – ----- m;

Rietuvių skaičius – ----- vnt.

Rietuvės ilgis – -----m;

Rietuvės plotis ir aukštis – 1,2–1,8×1,2–1,8 m;

Kameros talpa – ----- m<sup>3</sup>;

Šiluminis galingumas – ----- kW;

Kaloriferių tipas – bimetaliniai;

Kaloriferių kaitinamo paviršiaus plotas – ----- m<sup>2</sup>;

Kaloriferių skaičius – -----;

Cirkuliaciniai ventiliatoriai – -----;

Ventiliatorių skaičius – -----;

Instaliuotoji elektros galia – ----- kW;

Džiovinimo agento cirkuliacijos greitis tarp džiovinamų sortimentų – ----- m/s.

Priklausomai nuo džiovinamos medienos kiekio, charakteristikų ir naudojamų kamerų našumo, apskaičiuojamas reikalingas kamerų skaičius. Pagrindinės džiovinamos medienos charakteristikos ir kiekiai pateikiami lentelėje.

1 lentelė. Džiovinamos pjautinės medienos specifikacija ir kiekiai

Eil. Nr.	Medienos pavadinimas	Pjautinės medienos matmenys, mm			Drėgnumas		Paskirtis	Faktinis džiovinamos medienos kiekis m <sup>3</sup> /per metus
		Ilgis l	Plotis b	Storis s	W <sub>pr</sub> %	W <sub>g</sub> %		
1								
2								

Nei Lietuvoje, nei Europoje ar kitų žemynų šalyse nėra vieningų standartinių režimų. Įvairiose šalyse ar šalių grupėse yra naudojami savi džiovavimo režimai, pateikiami lentelėse. Jie yra daugiapakopiai, t. y. visas džiovavimo laikotarpis pagal medienos drėgnio mažėjimą yra suskirstytas į pakopas (etapus), kuriuose palaikomi skirtingi oro parametrai (temperatūra ir drėgnis). Džiovinimo metu, mažėjant medienos drėgmei, yra keliama oro temperatūra ir mažinamas santykinis oro drėgnis. Įvairių šalių džiovavimo režimai būna nuo dviejų iki 8–10 pakopų ar dar daugiau. Kuo daugiau pakopų, tuo kokybiškiau galima džiovinti medieną, bet sunkiau reguliuoti procesą.

Pagal poveikį medienai (įtaką fizikinėms ir mechaninėms jos savybėms) visus džiovavimo režimus galima suskirstyti į kategorijas (švelnius, normalius ir griežtus). Mažesnės temperatūros taikomos didesnio storio ir tankio, o didesnės – mažesnio storio ir tankio medienos sortimentams. Džiovavimo metu santykinis oro drėgnis, pradedant garinti drėgmę, tiek spygliuočiams, tiek lapuočiams būna 65–90 proc., o pabaigoje 25–45 proc. Renkantis džiovavimo režimus, be medienos sortimentų charakteristikų, reikia atsižvelgti ir į galimybes džiovavimo kameroje pakelti temperatūrą (kai kamerų kalorifieriai šildomi karštu vandeniu, kartais galima pakelti temperatūrą tik iki švelnių režimų temperatūros).

Mediena, skirta baldų, statybinių konstrukcijų ir kitos paskirties gamybai dažniausiai džiovinama taikant žematemperatūrius režimus.

**Džiovavimo režimo kategorijos, numerio ir indekso parinkimas žematemperatūrinėms kameroms** atliekamas pagal atitinkamas lenteles, priklausomai nuo džiovinamos medienos rūšies, storio ir kokybės kategorijos (2 lentelė):

**2 lentelė. Džiovavimo režimai**

Medienos rūšis, Režimo kategorija ir indeksas	Medienos drėgnis	$\mathcal{G}_s$	$\mathcal{G}_s$	$\varphi$
	$W_{pr-30}$			
	30-20			
	20- $W_g$			
	$W_{pr-30}$			
	30-20			
	20- $W_g$			

Pirmiausiai parenkami džiovinamų sortimentų pradinis ir galutinis drėgniai bei džiovavimo režimas. Pradinis drėgnis gali būti parinktas iš 3 lentelės [1].

**3 lentelė. Šviežiai pjautos medienos drėgnis**

Medienos biologinė rūšis	Drėgnis, %		
	Branduolio ir brandžios medienos	Balanos	Vidutinis
Pušis, eglė	30–40	100–120	60–80
Maumedis	40–50	100–120	70–90
Beržas	–	70–90	70–90
Drebulė	–	80–100	80–100
Uosis	35–40	35–40	35–40
Ažuolas	50–80	70–80	60–80
Bukas	–	60–70	60–70
Liepa	60–65	60	60–65
Klevas	50–55	50–55	50–55

Galutinis džiovinamos medienos drėgnis parenkamas pagal paskirtį iš 4 lentelės.

**4 lentelė. Vidutinis galutinis medienos drėgnis**

Medienos paskirtis	Drėgnis, %	Medienos paskirtis	Drėgnis, %
Baldai	8	Parketas	8
Muzikos instrumentai	6–7	Sporto inventorius	10–12
Tikslūs prietaisai	7	Tara	15–18
Langai, durys	10–12	Transportuojama, statybinė mediena	16–20

Medienos džiovinimui parenkami standartiniai džiovavimo režimai, atsižvelgiant į sortimentų paskirtį, biologinę rūšį ir skerspjūvio matmenis.

*Orinėse ir orinėse garinėse periodinėse kamerosėse džiovavimo režimai* pagal džiovavimo agento temperatūrą skiriami į *žematemperatūrius* (kai agento temperatūra žemesnė nei 100 °C, išskyrus kai kuriuos atvejus, kai džiovavimo proceso pabaigoje temperatūra gali būti aukštesnė ir agentas yra drėgnas oras) ir *aukšatemperatūrius* (kai agento temperatūra aukštesnė nei 100 °C ir agentas yra atmosferinio slėgio perkaitintas garas ar karštas oras). Pagal įtaką medienos savybėms žematemperatūriai režimai skirstomi į tris kategorijas: švelnius, normalius ir forsutuotus.

Džiovinant *švelniais režimais* „Š“, medienos spalva ir kitos fizikinės bei mechaninės savybės nesikeičia. Jais rekomenduojama džiovinti iki transportinio drėgnio eksportinę ir vidaus poreikiams skirtą labai aukštos kokybės medieną.

Džiovinant *normaliais režimais* „N“, medienos stipris nesikeičia, bet gali šiek tiek pakisti spalva. Šiais režimais reikėtų džiovinti iki bet kokio galutinio drėgnio vidaus poreikiams skirtą pjautinę medieną.

Džiovinant *forsutuotais režimais* „F“, medienos lenkimo, tempimo, gniuždymo stipris nesikeičia, bet 15–20 proc. sumažėja atsparumas skėlimui. Be to, mediena patamsėja. Jais tinka džiovinti iki eksploatacinio drėgnio pjautinę medieną, skirtą gaminiams, kurie eksploatuojami su didele stiprumo atsarga.

**5 lentelė.** Pušies, eglės, kėnio ir kedro pjautinės medienos žematemperatūriai džiovavimo režimai [2]

Režimo numeris		1	2	3	4	5	6	7	8
Vidutinis medienos drėgnis, %	Agento parametrai	Pjautinės medienos storis, mm							
		iki 22	22–25	25–32	32–40	40–50	50–60	60–75	75–100
Švelnūs režimai, „Š“									
>35	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	57	57	57	55	55	55	52	52
	$\Delta\vartheta_p, ^\circ\text{C}$	6	5	4	4	4	4	3	2
	$\psi$	0,73	0,77	0,81	0,81	0,81	0,81	0,84	0,90
35–25	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	61	61	61	58	58	58	55	55
	$\Delta\vartheta_p, ^\circ\text{C}$	10	9	8	7	7	7	6	5
	$\psi$	0,59	0,62	0,66	0,69	0,69	0,69	0,72	0,76
<25	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	77	77	77	75	75	75	70	70
	$\Delta\vartheta_p, ^\circ\text{C}$	26	25	24	24	24	24	21	20
	$\psi$	0,27	0,29	0,31	0,30	0,30	0,30	0,33	0,35
Normalūs režimai, „N“									
>35	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	83	79	79	75	73	71	64	55
	$\Delta\vartheta_p, ^\circ\text{C}$	9	7	6	5	5	4	3	2
	$\psi$	0,68	0,73	0,77	0,80	0,80	0,83	0,86	0,90
35–25	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	88	84	84	80	77	75	68	58
	$\Delta\vartheta_p, ^\circ\text{C}$	14	12	11	10	9	8	7	5
	$\psi$	0,55	0,59	0,62	0,64	0,66	0,70	0,71	0,77
<25	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	110	105	105	100	96	94	85	75
	$\Delta\vartheta_p, ^\circ\text{C}$	36	33	32	30	28	27	24	22
	$\psi$	0,24	0,26	0,27	0,29	0,31	0,32	0,33	0,34
Forsutuoti režimai, „F“									
>35	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	94	92	92	90	87	83	73	-
	$\Delta\vartheta_p, ^\circ\text{C}$	11	10	8	7	6	5	4	-
	$\psi$	0,65	0,67	0,73	0,75	0,78	0,80	0,84	-
35–25	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	99	97	97	95	92	88	78	-
	$\Delta\vartheta_p, ^\circ\text{C}$	16	15	13	12	11	10	9	-
	$\psi$	0,54	0,55	0,60	0,62	0,64	0,66	0,66	-
<25	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	125	123	123	120	115	110	98	-
	$\Delta\vartheta_p, ^\circ\text{C}$	42	41	39	37	36	32	29	-
	$\psi$	0,21	0,22	0,24	0,25	0,25	0,29	0,30	-



Pjautinei maumedžio medienai džiovinti režimas, pateiktas 6 lentelėje, žymimas raide ir skaičiumi, rodančiu storio grupę ir režimo kategorija.

**6 lentelė.** Maumedžio pjautinės medienos žematemperatūriai džiovinimo režimai

Numeris		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Vidutinis medienos drėgnis, %	Agento parametrai	Pjautinės medienos storis, mm						
		iki 22	22–25	25–32	32–40	40–50	50–60	60–75
Normalūs režimai, „N“								
>35	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	70	70	70	65	60	60	60
	$\Delta\vartheta_p, ^\circ\text{C}$	9	8	6	5	4	3	2
	$\psi$	0,64	0,68	0,76	0,78	0,81	0,86	0,90
35–25	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	75	75	75	70	65	65	65
	$\Delta\vartheta_p, ^\circ\text{C}$	15	15	15	10	9	7	5
	$\psi$	0,49	0,49	0,49	0,61	0,63	0,71	0,78
<25	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	80	80	80	75	70	70	70
	$\Delta\vartheta_p, ^\circ\text{C}$	26	25	25	20	19	18	15
	$\psi$	0,28	0,29	0,30	0,38	0,37	0,39	0,47
Forsuoti režimai, „F“								
>35	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	90	90	82	75	75	72	70
	$\Delta\vartheta_p, ^\circ\text{C}$	9	7	4	4	3	2	2
	$\psi$	0,69	0,75	0,84	0,84	0,87	0,92	0,91
35–25	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	98	96	87	80	80	78	76
	$\Delta\vartheta_p, ^\circ\text{C}$	12	11	8	8	6	5	4
	$\psi$	0,63	0,65	0,72	0,70	0,77	0,80	0,84
<25	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	112	110	108	100	100	95	90
	$\Delta\vartheta_p, ^\circ\text{C}$	32	30	29	28	26	20	18
	$\psi$	0,30	0,32	0,32	0,32	0,35	0,44	0,47

Žematemperatūriai režimai pjautinei lapuočių medienai džiovinti pateikti 7 lentelėje. Joje režimai pagal temperatūrą sunumeruoti nuo 2 iki 10, o pagal agento prisotinimo laipsnį – sužymėti indeksais A, B, V, G, D. Taigi režimai žymimi skaitmeniu ir raide (pvz., 3–V). Šie režimai taip pat yra trijų pakopų, tik pereinamieji drėgniai yra 30 proc. ir 20 proc.

**7 lentelė.** Lapuočių švelnių, normalių ir forsutų džiovinimo režimų parinkimo rekomendacijos [2]

Medienos rūšis	Režimo kategorija	Pjautinės medienos storis, mm								
		iki 22	22–32	32–40	40–50	50–60	60–70	70–75	75–100	>100
Beržas	Š	5-D	6-D	6-G	6-G	7-G	8-G	8-V	9-V	-
	N	3-D	3-G	4-G	5-G	6-G	7-V	7-B	9-V	10-B
	F	2-G	2-V	3-B	4-V	-	-	-	-	-
Drebulė, alksnis, liepa, tuopa	N	3-V	4-G	5-G	5-V	6-B	7-B	7-A	9-B	10-B
	F	2-G	2-V	3-B	4-V	-	-	-	-	-
Bukas, klevas	N	4-G	5-V	6-V	6-B	7-B	7-A	8-B	9-B	9-B
Ažuolas, vinkšna, riešutmedis	N	6-V	7-B	7-B	8-B	9-B	9-G	10-B	10-B	10-B
Uosis, skroblas	N	6-B	6-V	7-B	8-V	8-B	9-V	9-B	10-B	10-B

**8 lentelė.** Pjautinės lapuočių medienos žematemperatūriai džiovinimo režimai [2]

Vidutinis medienos drėgnis, $\omega$ , %	Režimo numeris 2														
	Režimo indeksas ir agento parametrai: $\mathcal{G}$ , °C; $\Delta\mathcal{G}_p$ , °C; $\psi$														
	A			B			V			G			D		
	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$
> 30	82	3	0,88	82	4	0,84	82	6	0,77	82	8	0,77	82	10	0,65
30–20	87	6	0,78	87	8	0,72	87	10	0,66	87	12	0,60	87	14	0,55
< 20	108	27	0,35	108	29	0,32	108	31	0,31	108	33	0,27	108	35	0,24
Vidutinis medienos drėgnis, $\omega$ , %	Režimo numeris 3														
	Režimo indeksas ir agento parametrai: $\mathcal{G}$ , °C; $\Delta\mathcal{G}_p$ , °C; $\psi$														
	A			B			V			G			D		
	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$
> 30	75	3	0,87	75	4	0,84	75	5	0,80	75	7	0,73	75	9	0,66
30–20	80	6	0,77	80	8	0,70	80	9	0,66	80	11	0,61	80	13	0,55
< 20	100	26	0,35	100	28	0,32	100	29	0,30	100	31	0,27	100	33	0,25
Vidutinis medienos drėgnis, $\omega$ , %	Režimo numeris 4														
	Režimo indeksas ir agento parametrai: $\mathcal{G}$ , °C; $\Delta\mathcal{G}_p$ , °C; $\psi$														
	A			B			V			G			D		
	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$
> 30	69	3	0,87	69	4	0,84	69	5	0,79	69	6	0,76	69	8	0,68
30–20	73	6	0,76	73	7	0,72	73	8	0,69	73	10	0,63	73	12	0,56
< 20	91	24	0,36	91	25	0,34	91	26	0,33	91	28	0,30	91	30	0,26
Vidutinis medienos drėgnis, $\omega$ , %	Režimo numeris 5														
	Režimo indeksas ir agento parametrai: $\mathcal{G}$ , °C; $\Delta\mathcal{G}_p$ , °C; $\psi$														
	A			B			V			G			D		
	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$
> 30	63	2	0,91	63	3	0,86	63	4	0,82	63	5	0,78	63	7	0,70
30–20	67	5	0,78	67	6	0,75	67	7	0,71	67	9	0,64	67	11	0,58
< 20	83	22	0,36	83	23	0,34	83	24	0,32	83	25	0,30	83	27	0,28
Vidutinis medienos drėgnis, $\omega$ , %	Režimo numeris 6														
	Režimo indeksas ir agento parametrai: $\mathcal{G}$ , °C; $\Delta\mathcal{G}_p$ , °C; $\psi$														
	A			B			V			G			D		
	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$
> 30	57	2	0,90	57	3	0,85	57	4	0,81	57	5	0,76	57	6	0,72
30–20	61	5	0,78	61	6	0,74	61	7	0,70	61	9	0,62	61	10	0,59
< 20	77	21	0,36	77	22	0,34	77	23	0,32	77	25	0,29	77	26	0,27
Vidutinis medienos drėgnis, $\omega$ , %	Režimo numeris 7														
	Režimo indeksas ir agento parametrai: $\mathcal{G}$ , °C; $\Delta\mathcal{G}_p$ , °C; $\psi$														
	A			B			V			G			D		
	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$
> 30	52	2	0,90	52	3	0,84	52	4	0,80	52	5	0,75	52	6	0,71
30–20	55	4	0,80	55	5	0,76	55	7	0,68	55	8	0,64	55	9	0,60
< 20	70	20	0,35	70	21	0,33	70	22	0,31	70	23	0,29	70	24	0,27

Vidutinis medienos drėgnis, $\omega$ , %	Režimo numeris 8														
	Režimo indeksas ir agento parametrai: $\mathcal{G}$ , °C; $\Delta\mathcal{G}_p$ , °C; $\psi$														
	A			B			V			G			D		
	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$
> 30	-	-	-	47	2	0,90	47	3	0,84	47	4	0,79	-	-	-
30–20	-	-	-	50	5	0,75	50	6	0,70	50	7	0,66	-	-	-
< 20	-	-	-	62	18	0,36	62	19	0,33	62	20	0,31	-	-	-
Vidutinis medienos drėgnis, $\omega$ , %	Režimo numeris 9														
	Režimo indeksas ir agento parametrai: $\mathcal{G}$ , °C; $\Delta\mathcal{G}_p$ , °C; $\psi$														
	A			B			V			G			D		
	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$
> 30	-	-	-	42	2	0,89	42	3	0,83	42	4	0,77	-	-	-
30–20	-	-	-	45	4	0,79	45	5	0,74	45	6	0,69	-	-	-
< 20	-	-	-	57	17	0,36	57	18	0,34	57	19	0,31	-	-	-
Vidutinis medienos drėgnis, $\omega$ , %	Režimo numeris 10														
	Režimo indeksas ir agento parametrai: $\mathcal{G}$ , °C; $\Delta\mathcal{G}_p$ , °C; $\psi$														
	A			B			V			G			D		
	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$	$\mathcal{G}$	$\Delta\mathcal{G}_p$	$\psi$
> 30	-	-	-	38	2	0,88	38	3	0,82	38	4	0,76	-	-	-
30–20	-	-	-	41	4	0,77	41	5	0,72	41	6	0,67	-	-	-
< 20	-	-	-	52	16	0,36	52	17	0,33	52	18	0,30	-	-	-

## 2.2. Medienos džiovavimo trukmės skaičiavimas

Medienos džiovavimo trukmė gali būti apskaičiuojama grafiniu-analitiniu ir lentelių metodais [1]. Grafinis-analitinis metodas naudojamas įvairių kamerų darbo palyginimui, šiluminiam ir aerodinaminiam skaičiavimui, tiksliai džiovavimo trukmei nustatyti. Lentelių metodu gamyboje apskaičiuojama apytiksli džiovavimo trukmė. Skaičiuojant skirtingais metodais, gaunama džiovavimo trukmė gali skirtis iki 5 proc.

Bendroji džiovavimo žematemperatūriais režimais periodinio veikimo kamerosse trukmė valandomis (įskaitant šutinimą bei kondicinį apdorojimą) lentelių metodu apskaičiuojama pagal formulę [2]:

$$t_{dž} = t_{pd} A_r A_c A_d A_k A_i C \quad (1)$$

čia  $t_{pd}$  – tam tikros rūšies ir tam tikrų matmenų medienos gryno džiovavimo 60–12 proc. drėgnio normaliu režimu vidutinio intensyvumo reversinės cirkuliacijos kamerosse preliminari trukmė (agento judėjimo greitis rietuvėje  $v_r = 1 \text{ m/s}$ ), randama 9 lentelėje pagal medienos rūšį, sortimentų storį ir plotį.

**9 lentelē.** Pjautinēs medienos džiovinimo žematemperatūriais režimais periodinēse kamerose preliminari trukmē  $t_{pd}$ , h.

Medienos sortimento storis d, mm	Medienos sortimento plotis b, mm					
	40–50	60–70	80–100	110–130	140–180	>180
Pušis, eglē, kēnis, kedras						
Iki 16	23	25	26	27	27	27
19	29	31	32	33	33	33
22	34	37	39	39	39	40
25	50	52	54	55	55	55
32	66	71	75	76	78	79
40	71	79	84	86	88	88
50	-	95	101	103	107	108
60	-	103	114	122	125	130
70	-	-	147	161	178	194
75	-	-	171	194	215	238
100	-	-	340	354	379	432
Drebulē, liepa, tuopa						
Iki 16	29	31	33	34	34	34
19	36	38	39	40	40	40
22	43	45	47	53	54	54
25	59	62	64	66	67	68
32	73	80	84	88	89	91
40	81	87	93	96	99	102
50	-	98	109	116	119	123
60	-	112	128	140	152	164
75	-	-	253	282	311	344
Bukas, klevas, vinkšna, uosis, skirpstas						
Iki 16	58	59	61	63	63	63
19	65	68	71	73	73	74
22	73	77	80	81	82	83
25	91	94	96	99	101	102
32	102	109	115	118	120	122
40	114	126	140	152	159	167
50	-	170	199	225	239	255
60	-	250	296	339	367	396
75	-	-	591	657	728	805

Medienos sortimento storis d, mm	Medienos sortimento plotis b, mm					
	40–50	60–70	80–100	110–130	140–180	>180
Maumedis						
Iki 16	66	68	68	69	70	70
19	74	77	79	81	81	82
22	80	84	86	89	90	90
25	101	103	104	106	107	107
32	122	129	136	142	146	149
40	135	160	180	196	205	215
50	-	220	258	291	310	329
60	-	315	385	440	476	513
70	-	-	635	717	787	864
75	-	-	854	1019	1049	1161
100	-	-	1492	1551	1667	1903
Beržas, alksnis						
Iki 16	36	37	37	38	39	39
19	44	45	47	47	48	48
22	50	51	53	54	55	55
25	67	73	78	81	83	84
32	81	85	88	91	92	94
40	93	96	100	101	105	107
50	-	115	130	141	149	158
60	-	155	187	213	231	249
75	-	-	377	420	463	514
Ažuolas, riešutmedis, skroblas						
Iki 16	84	85	85	87	87	88
19	88	91	94	95	96	97
22	97	101	104	105	106	107
25	117	125	132	136	138	140
32	146	173	193	206	214	221
40	183	234	269	293	307	321
50	-	365	431	488	520	551
60	-	562	679	777	841	905
75	-	-	1087	1209	1340	1483

*Pastaba.* Neapipjautos medienos džiovavimo trukmė nustatoma kaip plačiausių sortimentų pagal paskutinę skiltį.

$A_r$ ,  $A_c$ ,  $A_d$ ,  $A_k$ ,  $A_i$ , – džiovavimo režimo kategorijos, cirkuliacijos intensyvumo, pradinio ir galutinio medienos drėgčio, džiovavimo kokybės ir sortimentų ilgio koeficientai. Koeficiento  $A_r$  vertės yra šios: švelniojo režimo  $A_r = 1,7$ , normaliojo –  $1,0$ , forsuito –  $0,8$ . Koeficientas  $A_c$  randamas 10 lentelėje pagal sandaugą  $t_{pd}A_r$  ir agento judėjimo greitį  $v_r$ . Kai  $v_r$  nežinomas, apytiksliai galima imti, kad stacionariose kamerose  $v_r = 1,5 - 2,5$  m/s

**10 lentelė.** Koeficiento  $A_c$  vertės

$t_{pd} \times A_r$	Natūrali cirkuliacija	Agento judėjimo per rietuvę greitis $v_r$ , m/s						
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
20	3,14	1,80	1,0	0,78	0,63	0,54	0,49	0,46
40	2,40	1,65	1,0	0,81	0,67	0,59	0,54	0,52
60	2,03	1,58	1,0	0,84	0,71	0,64	0,60	0,58
80	1,76	1,42	1,0	0,85	0,76	0,72	0,68	0,67
100	1,56	1,32	1,0	0,88	0,81	0,79	0,78	0,77
140	1,31	1,15	1,0	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
180	1,15	1,10	1,0	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92
220 ir daugiau	1,08	1,05	1,0	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95

Koeficientas  $A_d$  randamas 11 lentelėje pagal pradinį ir galutinį medienos drėgčių.

11 lentelė. Koeficiento  $A_d$  reikšmės

Pradinis drėgnis, %	Galutinis drėgnis, %											
	22	20	18	16	14	12	11	10	9	8	7	6
120	1,07	1,12	1,18	1,25	1,33	1,43	1,49	1,55	1,61	1,68	1,76	1,86
110	1,00	1,06	1,12	1,20	1,28	1,37	1,43	1,49	1,55	1,62	1,71	1,81
100	0,94	1,00	1,06	1,14	1,22	1,31	1,37	1,43	1,50	1,57	1,65	1,75
90	0,87	0,93	1,00	1,07	1,16	1,25	1,30	1,36	1,43	1,51	1,58	1,68
80	0,80	0,86	0,93	1,00	1,09	1,18	1,23	1,29	1,35	1,43	1,51	1,61
70	0,72	0,78	0,84	0,92	1,00	1,10	1,15	1,21	1,27	1,35	1,43	1,52
65	0,67	0,74	0,80	0,87	0,96	1,05	1,10	1,16	1,23	1,30	1,38	1,48
60	0,62	0,68	0,75	0,82	0,91	1,00	1,05	1,11	1,18	1,25	1,33	1,43
55	0,57	0,63	0,69	0,77	0,85	0,94	1,00	1,06	1,12	1,20	1,28	1,38
50	0,51	0,57	0,63	0,71	0,79	0,89	0,94	1,00	1,16	1,14	1,22	1,32
45	0,44	0,50	0,57	0,64	0,73	0,82	0,87	0,93	1,00	1,07	1,15	1,25
40	0,37	0,43	0,49	0,57	0,65	0,75	0,80	0,86	0,93	1,00	1,08	1,18
35	0,29	0,35	0,43	0,49	0,57	0,66	0,72	0,78	0,84	0,92	1,00	1,10
30	0,19	0,25	0,32	0,39	0,48	0,57	0,62	0,68	0,75	0,82	0,90	1,00
28	0,15	0,21	0,27	0,35	0,43	0,53	0,58	0,64	0,71	0,78	0,86	0,96
26	0,10	0,16	0,23	0,31	0,38	0,48	0,54	0,59	0,66	0,73	0,82	0,91
24	0,06	0,11	0,18	0,27	0,33	0,43	0,49	0,54	0,61	0,68	0,77	0,86
22	-	0,06	0,13	0,22	0,28	0,38	0,43	0,49	0,56	0,63	0,71	0,81
20	-	-	0,07	0,14	0,22	0,32	0,37	0,43	0,50	0,57	0,65	0,75
18	-	-	-	0,07	0,16	0,25	0,30	0,37	0,43	0,50	0,59	0,68
16	-	-	-	-	0,08	0,18	0,23	0,30	0,36	0,43	0,52	0,61
14	-	-	-	-	-	0,10	0,15	0,21	0,28	0,35	0,43	0,52

Koeficientas  $A_k$ , priklausantis nuo medienos šutinimo ir kondicinio apdorojimo trukmės, yra šis: džiovimo kokybės pirmosios kategorijos medienai – 1,2, antrosios kategorijos medienai – 1,15, trečiosios kategorijos medienai – 1,0.

Džiovinant ruošinius, koeficientas  $A_i$  imamas pagal sortimento ilgio ir storio santykį. Kai  $l/d$  yra  $\geq 40$ ; 35; 30; 25; 20; 15; 10; 7; 5, tai  $A_i$  atitinkamai yra 1,0; 0,97; 0,95; 0,93; 0,91; 0,88; 0,80; 0,70; 0,60.

Džiovinimo sulėtėjimo, agentui judant per rietuves (paketus), koeficientas, kai bendras jų plotis  $b_r = 1,8$  m, yra  $C = 1,0$ , kai  $b_r > 1,8$  m, tai apskaičiuojamas pagal 2 formulę.

$$C = 1 + (C_{1,8} - 1) \frac{0,5}{v_{gab}} \frac{b_r}{1,8}; \quad (2)$$

čia  $C_{1,8}$  – koeficiento  $C$  vertė, kai  $b_r = 1,8$  m;  $C_{1,8}$  priimama 1,15.;  $v_{gab}$  – gabaritinis oro judėjimo skersine kryptimi prieš rietuvę greitis, m/s; žinant agento judėjimo pro rietuvę greitį  $v_r$  (priimama  $v_r=2,0$  m/s), jis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$v_{gab} = v_r(1 - \beta_a \cdot \beta_i); \quad (3)$$

čia  $\beta_a = d/(d + d_i)$  – rietuvės arba paketo užpildymo aukščio kryptimi koeficientas;  $d$  ir  $d_i$  – atitinkamai sortimento ir tarpiklio storai;  $\beta_i$  – rietuvės arba paketo užpildymo ilgio kryptimi koeficientas; priimamas apipjautai medienai 1,0, o neapipjautai – 0,85.

### 2.3. Kamerų našumo ir kiekio skaičiavimas

Kamerų našumą galima apskaičiuoti faktiškai džiovinamai ir sąlyginei (sutartinei) medienai. Metinis kameros našumas ( $m^3$ /metus), apskaičiuotas faktiškai džiovinamai medienai.

$$N_{f.kam.} = n \cdot E_{f.kam.}; \quad (4)$$

čia  $n$  – kameros darbo ciklą skaičius per metus;

$E_{f.kam.}$  – kameros talpa,  $m^3$ .

Metinis kameros darbo ciklų skaičius:

$$n = \frac{365}{t_{cf}} \cdot C \quad (5)$$

čia  $t_{cf}$  – džiovinimo ciklo trukmė, paromis;  $t_{cf} = t + t_{pi}$  (periodinio veikimo kameroms)  $t_{pi} = 0,1$  paros = 2,4h (kameros pakrovimo – iškrovimo trukmė periodinio veikimo kameroms);  $t$  – džiovinimo trukmė;

$C$  – kameros techninio panaudojimo koeficientas.

Paprastai kalendorinių metų laikotarpiu 30 dienų skiriama kameros remontui. Tada  $C = 0,92$  ir kameroje džiovinama 335 paras per metus.

Kameros talpa ( $m^3$ ) apskaičiuojama pagal formulę:

$$E_{f.kam.} = G \cdot \beta_t; \quad (6)$$

čia  $G$  – rietuvių, esančių kameroje, gabaritinis tūris,  $m^3$ ;

$\beta_t$  – rietuvės tūrio užpildymo koeficientas.

$$G = L_r \cdot B_r \cdot H_r \cdot m_r; \quad (7)$$

čia  $L_r, B_r, H_r$  – atitinkamai rietuvės gabaritinis ilgis, plotis ir aukštis, m;

$m_r$  – rietuvių skaičius kameroje.

Rietuvės tūrio užpildymo koeficientas  $\beta_t$  apskaičiuojamas taip:

$$\beta_t = \beta_i \cdot \beta_p \cdot \beta_a \cdot \frac{100 - Y_0}{100}; \quad (8)$$

čia  $\beta_i$  – rietuvės ilgio užpildymo koeficientas;

$\beta_p$  – rietuvės pločio užpildymo koeficientas;

$\beta_a$  – rietuvės aukščio užpildymo koeficientas;

$Y_0$  – medienos sortimento tūrio nuodžiūvis.

$\beta_i$  yra lygus vidutinio sortimento ilgio ir rietuvės (paketo) ilgio santykiui. Kai sortimentai apipjauti ir vienodo ilgio, tai  $\beta_i = 1,0$ , kai į rietuvę kraunami įvairaus ilgio, neapipjauti sortimentai,  $\beta_i = 0,85$ .

$\beta_p$  – suminis sortimentų, esančių vienoje rietuvės eilėje, pločio santykis su rietuvės pločiu. Jis priklauso nuo sortimentų parametrų (apipjauti ar neapipjauti) bei sukrovimo būdo ir randamas 12 lentelėje.

**12 lentelė.** Rietuvės pločio užpildymo koeficientai

Sukrovimo būdas	Pjautinė mediena	
	Apipjauta	Neapipjauta
Su tarpeliais horizontaliose eilėse (su špacijomis)	0,65	0,43
Be tarpelių horizontaliose eilėse (be špacijų)	0,90	0,60

Rietuvės aukščio užpildymo koeficientas apskaičiuojamas iš formulės:

$$\beta_a = \frac{S_1}{S_1 + S_t}; \quad (9)$$

čia  $S_1$  – sortimento storis, cm;

$S_t$  – tarpinės lentelės storis, cm.

**13 lentelė** Tarpinių storiai, priklausomai nuo džiovinamo sortimento parametrų

Lentos storis, mm	Tarpinės storis, mm	
	Spygliuočiams	Lapuočiams
15–20	18	15
20–30	22	18
30–40	25	20
40–60	30	25
60–80	35	30
80–120	40	35

Medienos sortimento tūrio nuodžiūvis (%)  $Y_0$  apskaičiuojamas taip:

$$Y_0 = k_n^t \cdot (\omega_{sr} - \omega_g) \quad (10)$$

čia  $k_n^t$  – medienos tūrio nuodžiūvio koeficientas (randamas 14 lentelėje);

$\omega_{sr}, \omega_g$  – medienos pluošto sotinimo riba (priimama  $\omega_{sr} = 30\%$ ) ir galutinis sortimento drėgnis.

**14 lentelė.** Medienos tūrio nuodžiūvio koeficientai

Biologinė rūšis	Koeficientas	Biologinė rūšis	Koeficientas
Maumedis (V.Sibiro)	0,52-0,54	Beržas, klevas	0,46-0,54
Pušis	0,44-0,47	Bukas	0,47-0,55
Eglė	0,42-0,44	Uosis	0,42-0,46
Kėnis (sibirinis)	0,39-0,41	Ažuolas	0,43-0,47
Kedras	0,37-0,41	Drebulė	0,41-0,46
Maumedis (europinis)	0,41-0,45	Liepa	0,52-0,56

Kamerų kiekį, reikalingą metinei programai įvykdyti (pagal faktinės medienos kiekį), apskaičiuojame pagal formulę:

$$m_{kam} = \frac{F_m}{F_{kam.}} \quad (11)$$

kur:  $F_m$  – reikalingas per metus išdžiovinti faktinis medienos kiekis,  $m^3$ ;

$F_{kam.}$  – metinis kameros našumas,  $m^3$ .

Tokiu būdu apskaičiuojame, kiek reikės medienos džiovinimo kamerų kiekvienai medienos rūšiai. Džiovinant kelių rūšių medieną, bendras kamerų skaičius gaunamas sudedant.

Skaičiavimo duomenis ir rezultatus surašome į 15 lentelę.

#### 2.4. Faktiškosios medienos kiekio perskaičiavimas į sąlyginę medieną ir reikiamo kamerų kiekio nustatymas

Dažnai, kalbant apie įmonės gamybos apimtis, patogų džiovinamos medienos kiekius skaičiuoti sąlygine mediena. Metinis džiovinimo kameros našumas, išreikštas sąlygine mediena ( $m^3$ ), apskaičiuojamas pagal formulę:

$$S_{kam} = \frac{365}{\tau_{c.s}} \cdot C \cdot \beta_{t.s} \cdot G = \frac{335}{\tau_{c.s}} \cdot \beta_{t.s} \cdot G; \quad (12)$$

čia  $\tau_{c.s}$  – sąlyginės medienos džiovinimo ciklo trukmė, paromis;

$C$  – kameros techninio panaudojimo koeficientas (paprastai  $C = 0,92$ );

$\beta_{t.s}$  – rietuvės tūrio užpildymo sąlygine mediena koeficientas;

$G$  – gabaritinis visų kameroje esančių rietuvių tūris,  $m^3$ .



Rietuvės tūrio užpildymo sąlyginė mediena koeficientas priklauso nuo medienos sortimentų sukrovimo būdo. Sukrovus apipjautą medieną be tarpelių (špacijų) su 25 mm storio tarpinėmis lentelėmis  $\beta_{t,s} = 0,438$ , sukrovus su tarpeliais (špacijomis) apipjautą medieną,  $\beta_{t,s} = 0,316$ .

Sąlyginės medienos džiovinimo ciklo trukmė  $t_{cs}$  priklauso nuo kameros tipo ir taikomo režimo. Priimama, kad kai agento greitis per rietuves 2 m/s, periodinėse džiovinimo kamerose džiovinant švelniu režimu  $t_{cs}$  lygus 6,8 paros, normaliu – 3,4 paros, forsuotu – 2,6 paros. Formulėje dydis  $\frac{335}{\tau_{c,s}} \beta_{t,s} = n_{spec}$  reiškia  $1 m^3$  gabaritinio rietuvės tūrio išdžiovinamą per metus sąlyginės medienos kiekį ir vadinamas specifiniu kameros našumu. Kai tarpinių lentelių storis 25 mm, džiovinant švelniu režimu  $n_{spec} = 22,0$ , normaliu –  $n_{spec} = 43,0$ , forsuotu –  $n_{spec} = 56,5$ .

Džiovinamos kiekvienos rūšies ir matmenų medienos kiekis  $F_m$  (pateikta užduotyje) perskaičiuojamas į sąlyginę  $S_m$  medieną ( $m^3$  sąl. medienos) pagal šią formulę:

$$S_m = F_m \cdot k_t \cdot k_E, \quad (13)$$

čia  $k_t$  – džiovinimo trukmės koeficientas ( $k_t = t_{cf}/t_{cs}$ );

$k_E$  – kameros talpos koeficientas ( $k_E = E_{kam,s} / E_{kam,f}$ ), kur  $E_{kam,s}$  – sąlyginės medienos talpa kameroje,  $m^3$ ,  $E_{kam,f}$  – faktinės medienos talpa kameroje,  $m^3$ .

Tuomet:

$$S_m = F_m \cdot \frac{t_{c,f}}{t_{c,s}} \cdot \frac{E_{kam,s}}{E_{kam,f}} = F_m \cdot \frac{t_{c,f}}{t_{c,s}} \cdot \frac{\beta_{t,s}}{\beta_t}, \quad (14)$$

čia  $\beta_{t,s}$  – rietuvės tūrio užpildymo sąlyginė mediena koeficientas;

$\beta_t$  – rietuvės užpildymo faktišką mediena koeficientas.

Bendras džiovinimo ceche per metus išdžiovinamos medienos kiekis išreiškiamas sąlyginė mediena ( $m^3$ ):

$$\sum S_m = \sum_{i=1}^{n=1} (F_{mi} \cdot k_{ti} \cdot k_{Ei}); \quad (15)$$

Tada reikiamas kamerų kiekis ceche apskaičiuojame pagal formulę:

$$m_{kam} = \frac{\sum S_m}{S_{kam}}. \quad (16)$$

Pagal šią formulę skaičiuojama, kai džiovinant bet kurios rūšies ar matmenų faktišką medieną džiovinimo kameros metinis našumas  $S_{kam}$  yra tas pats. Jei, džiovinant tam tikrus medienos sortimentus, jų  $S_{kam}$  yra skirtingas, tai reikia suskaičiuoti kiekvienai džiovinamos medienos rūšiai reikiamą kamerų skaičių atskirai ir po to gautas vertes susumuoti.

Informacija apie džiovinamą medieną ir reikalingą kamerų kiekį pateikiama 15 lentelėje:

**15 lentelė.** Informacija apie džiovinamą medieną ir reikalingą kamerų kiekį

Eilės Nr	Pjautinės medienos charakteristika						Tūrinis rietuvės užpildymo koeficientas	Kameros darbo ciklo trukmė $T_{c.f.}$	Kameros talpa, $m^3$	Džiovinamos medienos kiekis, $m^3$	Džiovinamos medienos kiekis (sąlygine mediena), $m^3$	Džiovinamo kamerų kiekis	
	Medienos rūšis	Apipjauta ar neapipjauta mediena	Pjautinės medienos matmenys, mm			Drėgnumas %							
			Ilgis L	Plotis B	Storis S	Pradinis $W_{pr}$							Galutinis $W_g$

## 2.5. Džiovinimo cecho gamybinių ir kitų patalpų skaičiavimas

Džiovinimo cechą (skyrių) sudaro gamybinės, buitinės ir pagalbinės patalpos. Dėstant gamybines patalpas, reikia išlaikyti medienos sortimentų judėjimo srautiškumą. Buitines ir pagalbinės patalpas būtina išdėstyti taip, kad būtų patogų jomis naudotis.

Džiovinimo cecho patalpų pavadinimai ir rekomenduojami jų plotai, išreikšti procentais nuo viso cecho ploto, pateikti 16 lentelėje. Toje pačioje lentelėje pateikiami apskaičiuoti cecho atskirų patalpų plotai  $m^2$ .

**16 lentelė.** Rekomenduojami pjautinės medienos džiovinimo padalinio patalpų plotai proc. nuo bendro cecho ploto bei apskaičiuoti atskirų patalpų plotai

Patalpų pavadinimas	Plotas % nuo bendro cecho ploto	Plotas, $m^2$
<b>Gamybinės patalpos</b>		
Džiovinimo kameros	18–30	
Traversinis (skersinis) kelias	10–25	
Drėgnos medienos sandėliavimo patalpa	8–10	
Sausos medienos sandėliavimo patalpa	12–30	
Valdymo koridorius	2–3	
<b>Pagalbinės patalpos</b>		
Laboratorija, remonto dirbtuvės, kontora	3	
<b>Buitinės patalpos</b>		
Rūbinės, dušai, poilsio kambarys	4	

Rekomenduojamas bendras gamybinių patalpų plotas turėtų būti apie 93 proc. nuo cecho ploto, pagalbinių – apie 3 proc., buitinių – apie 4 proc., tačiau šie santykiai gali būti ir kiti (pvz. kai kurios buitinės ar pagalbinės patalpos gali būti bendros su kitais įmonės cechais ar skyriais).

### 3. ŠILUMINĖ SKAIČIUOTĖ

Šiluminėje skaičiuotėje parenkamas skaičiuojamasis sortimentas, džiovinimo agento ir šviežio oro parametrai, apskaičiuojamas iš medienos išgarinamos drėgmės kiekis, kameroje cirkuliuojančio agento kiekis, šviežio ir panaudoto oro kiekis, apskaičiuojamos šilumos sąnaudos džiovinimui, parenkami kaloriferiai.

Skaičiuojamuoju sortimentu parenkamas tas sortimentas, iš kurio per laiko vienetą išgarinama daugiausia drėgmės  $M_{sk}$ . Dažniausiai tai yra greičiausiai džiūstantis sortimentas.

#### 3.1. Išgarinamo drėgmės kiekio ir džiovinimo agento parametrų skaičiavimas

Iš  $1 \text{ m}^3$  medienos išgarinamos drėgmės kiekis ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ):

$$M_{m^3} = \rho_b \cdot \frac{W_{pr} - W_g}{100}. \quad (17)$$

Drėgmės kiekis išgarinamas kameroje per vieną džiovinimo ciklą ( $\text{kg}/\text{cikl.}$ ):

$$M_{cikl} = M_{m^3} \cdot G \cdot \beta_t. \quad (18)$$

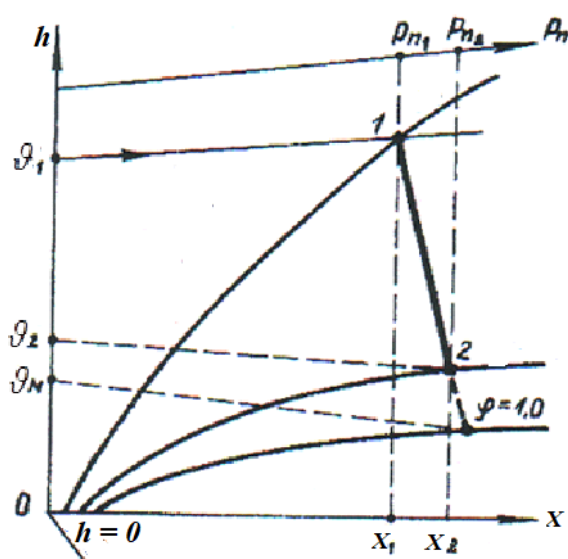
Atsižvelgiant į pjautinės medienos džiūvimo greičio netolygumą, periodinio veikimo kameroje apskaičiuojamas drėgmės kiekis, išgarinamas per valandą ( $\text{kg}/\text{h}$ ):

$$M_{sk} = \frac{M_{cikl} \cdot \chi}{\tau_{isg}}; \quad (19)$$

čia  $\chi$  – medienos džiūvimo greičio netolygumo koeficientas; jis imamas pagal džiovinimo proceso lygį ir galutinį išdžiovintos medienos drėgnumą  $W_g$ ; žematemperatūriam džiovinimo procesui, kai  $W_g = 8-10\%$ ,  $\chi = 2,0-1,8$ , o kai  $W_g = 16-20\%$ ,  $\chi = 1,4-1,3$ ;

$t_{isg}$  – drėgmės išgarinimo trukmė **valandomis**. Priimama, kad  $t_{isg} = 0,9 \text{ tđ.}$

$M_{sk}$  apskaičiuojamas visiems sortimentams ir tolimesniems skaičiavimams pasirenkamas tas sortimentas, kurio  $M_{sk}$  didžiausias. Skaičiuojamajam sortimentui reikia pasirinkti džiovinimo agento parametrus, pagal kuriuos apskaičiuojami cirkuliuojančio, panaudoto ir šviežio oro kiekiai. Periodinio veikimo kameros tie parametrai apibūdina agento būseną prieš rietuves. Džiovinant žematemperatūriais režimais šie parametrai yra džiovinimo režimo II pakopos parametrai ( $\vartheta_1, \psi_1$ ).  $H-x$  diagramoje pagal šiuos parametrus randame oro būsenos tašką „1“ ir parametrus  $x_1, v_{skl}$  bei  $\rho_1$ .



1 pav. Agento parametrų kitimo džiovinimo proceso metu  $h-x$  diagramoje

Džiovinimo kameroje cirkuliuojančio per rietuves agento kiekis  $V_c$  ( $m^3/h$ ) priklauso nuo agento greičio rietuvėje  $\omega_r$ . Kuo jis didesnis, tuo tolygiau mediena džiūsta, nes mažiau sumažėja agento temperatūra jam judant per rietuvę ( $^{\circ}C$ ):

$$\Delta \mathcal{G} = \mathcal{G}_1 - \mathcal{G}_2; \quad (20)$$

Optimalus agento srauto greitis, priklausomai nuo džiovinimo režimo, yra 1,5–2,5 m/s. Tuomet kameroje cirkuliuojantis per rietuves agento kiekis  $m^3/s$  ir  $m^3/h$ :

$$V_c = F_l \cdot \omega_r \cdot m_r; \quad (21)$$

$$V_c = F_l \cdot \omega_r \cdot m_r \cdot 3600;$$

čia  $m_r$  – rietuvių skaičius, esantis plokštumoje, statmenoje cirkuliuojančio agento srautui;

$F_l$  – agento judėjimui laisvasis vienos rietuvės pjūvis,  $m^2$ .

Periodinio veikimo su skersine cirkuliacija kameroms:

$$F_l = F_{gab} \cdot (1 - \beta_a \cdot \beta_i); \quad (22)$$

čia  $F_{gab}$  – gabaritinis rietuvės šoninio paviršiaus plotas ( $m^2$ )  $F_{gab} = H_r L_r$ .

Periodinio veikimo su išilgine cirkuliacija kameroms:

$$F_l = F_{gab} \cdot (1 - \beta_a \cdot \beta_p); \quad (23)$$

kur  $F_{gab} = H_r B_r$

Kameroje cirkuliuojančio agento masė ( $kg/s$ ):

$$G_c = \frac{V_c}{v_{sk1}}; \quad (24)$$

$v_{sk1}$  – cirkuliuojančio agento skaičiuojamasis specifinis tūris, randamas iš  $h-x$  diagramos.

Cirkuliuojantis agento kiekis, reikalingas išgarinti 1 kg drėgmės ( $kg/(kg \text{ išg. dr.})$ ):

$$l_c = \frac{G_c \cdot 3600}{M_{sk}}. \quad (25)$$

Ištekančio iš rietuvės agento drėgnis apskaičiuojamas pagal formulę ( $g/(kg \text{ išg. dr.})$ )

$$x_2 = \frac{1000}{l_c} + x_1. \quad (26)$$

Iš  $h-x$  diagramos, turint tašką „1“ ir  $x_2$ , galima nustatyti tašką „2“ – iš rietuvių ištekančio agento parametrus. Agentui judant per rietuvę, periodinio veikimo kameroje agento temperatūra sumažėja iki 3–4  $^{\circ}C$ .

Paprastai šviežio oro, įleidžiamo į džiovinimo kamerą, parametrai parenkami žiemos ir vidutinėmis metinėmis sąlygomis. Pagal žiemos sąlygų parametrus apskaičiuojamas šiluminis džiovinimo kameros galingumas, parenkami šiluminiai įrenginiai, apskaičiuojamos garo sąnaudos. O pagal vidutinių metų sąlygų parametrus apskaičiuojami cirkuliaciniai įrenginiai ir techniniai bei ekonominiai rodikliai. *Kursiniame projekte visi skaičiavimai atliekami vidutinėmis metinėmis aplinkos oro sąlygomis.*

Šviežio oro parametrai  $\mathcal{G}_0$  ir  $\psi_0$  parenkami iš lentelės 17 lentelės.

17 lentelė. Lietuvos klimato duomenys

Vietovė	Aplinkos skaičiuoja- moji temperatū- ra žiemą, °C	Aplinkos vidutinė metų temperatū- ra, °C	Vietovė	Aplinkos skaičiuoja- moji temperatū- ra žiemą, °C	Aplinkos vidutinė metų temperatū- ra, °C
Nida	-19	-	Jonava	-23	6,2
Klaipėda	-20	6,7	Lazdijai	-23	6,1
Šilutė	-21	6,2	Druskininkai	-23	6,4
Telšiai	-22	5,7	Biržai	-24	5,9
Tauragė	-22	6,2	Panevėžys	-24	5,9
Plungė	-22	5,7	Ukmergė	-24	6,3
Kybartai	-22	6,6	Vilnius	-24	6,2
Šiauliai	-23	5,6	Varėna	-24	6,3
Raseiniai	-23	5,8	Dusetos	-25	5,4
Kėdainiai	-23	6,5	Utena	-25	5,4
Kaunas	-23	6,5	Švenčionys	-25	5,5
Marijampolė	-23	6,4	Zarasai	-25	5,4
Alytus	-23	6,4			

Santykinis oro drėgnis Lietuvoje kinta 60–90 proc. ribose.

Įleidžiamo oro drėgmingumas (g/(kg s.oro)) apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$x_0 = \frac{622 \cdot p_{g0}}{p_a - p_{g0}}; \quad (27)$$

čia  $p_a$  – atmosferos oro slėgis ( $p_a=0,1$  MPa);

$p_{g0}$  – parcialinis vandens garo slėgis ( $p_{g0}=\psi_0 p_s$ ); vidutinėm metinėm sąlygom, kai  $\vartheta_0=5-7$  °C,  $p_s=0,0009-0,001$  MPa.

Entalpija (kJ/kg.s.o.) apskaičiuojama pagal šią formulę:

$$h = 1,0 \cdot \vartheta_0 + 0,001 \cdot x_0 (1,93 \cdot \vartheta_0 + 2490). \quad (28)$$

Panaudoto ir šviežio oro kiekis, tenkantis 1 kg orinėse kameros išgarinamos drėgmės (kg/kg.išg.dr.):

$$l_0 = \frac{1000}{x_2 - x_0}; \quad (29)$$

čia  $x_0$  – šviežio oro drėgnumas, g/kg.s.o.

Per valandą iš kameros išleidžiamo panaudoto oro kiekis (m<sup>3</sup>/h):

$$V_p = l_0 \cdot M_{sk} \cdot v_{sk2}; \quad (30)$$

čia  $v_{sk2}$  – panaudoto oro specifinis tūris, m<sup>3</sup>/kg.

Orinėse kameros šviežio į kamerą įleidžiamo oro tūris (m<sup>3</sup>/h):

$$V_{sv} = l_0 \cdot M_{sk} \cdot v_{sk0}; \quad (31)$$

čia  $v_{sk0}$  – šviežio oro specifinis tūris, m<sup>3</sup>/kg;  $v_{sk0} = \frac{0,001 \cdot x_0 \cdot R_g \cdot T_0}{p_{g0}}$ , m<sup>3</sup>/kg; (32)

$R_g$  – vandens garo konstanta, J/kg K ( $R_g = 461,6$ );

$p_{g0}$  – vandens garo slėgis, Pa ( $p_{g0} = 2500$  Pa);

$T_0$  – termodinaminės temperatūra, K.

Šviežio oro įleidimo ir panaudoto oro išleidimo kanalų skerspjūviai parenkami taip, kad agento greitis juose būtų  $\omega_{kan} = 2-5$  m/s.

Šviežio oro įsiurbimo kanalo skerspjūvis (m<sup>2</sup>) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f_{kan} = \frac{V_{sv}}{\omega_{kan} \cdot 3600}. \quad (33)$$

Panaudoto oro išleidimo kanalo skerspjūvis (m<sup>2</sup>):

$$f'_{kan} = \frac{V_p}{\omega_{kan} \cdot 3600}. \quad (34)$$

Šie skerspjūviai apskaičiuojami ir parenkamas didesnis.

Džiovinimo agento parametrų kitimas pateikiamas 18 lentelėje:

**18 lentelė. Džiovinimo agento parametrai**

Eil. Nr.	Agento parametrai	Žymėjimas	Mato vienetas	Džiovinimo agento parametrai taškuose		
				0 (įleidžiamas oras)	1 (agentas prieš rietuves)	2 (agentas už rietuvių)
1	Temperatūra	$\vartheta$	°C			
2	Santykinis drėgnis	$\varphi$	%			
3	Drėgmingumas	d	g/kgs.o			
4	Entalpija	I	KJ/kgs.o			
5	Garų dalinis (parcialinis) slėgis	Pg	Pa			
6	Tankis	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>			
7	Skaičiuotinas tūris	V	m <sup>3</sup> /kg			

### 3.2. Medienos džiovinimo šilumos sąnaudų skaičiavimas

Suminės džiovinimo šilumos sąnaudos susideda iš šilumos, naudojamos medienai pašildyti  $q_p$ , drėgmei išgarinti  $q_{isg}$  ir nuostoliams per atitvarines konstrukcijas padengti  $q_n$ . Šilumos sąnaudos transporto priemonių pašildymui, kameros atitvarų pašildymui, baigiamajam ir tarpiniam šutinimui ir kt. įvertinamos pataisos koeficientu  $C = 1,1 - 1,3$ .

Apskaičiuojamas šilumos kiekis džiovinimui, tenkantis 1 kg išgarinamos drėgmės (kJ/(kg išg. dr.).

$$q_{dz} = (q_p + q_{isg} + q_n) \cdot C. \quad (35)$$

Šilumos sąnaudos skaičiuojamos vidutinėmis metinėmis sąlygomis (metiniam šilumos, garo, kuro sunaudojimui apskaičiuoti).

**Šilumos sąnaudos medienos pašildymui.**

Vidutinėmis metinėmis sąlygomis kJ/m<sup>3</sup>:

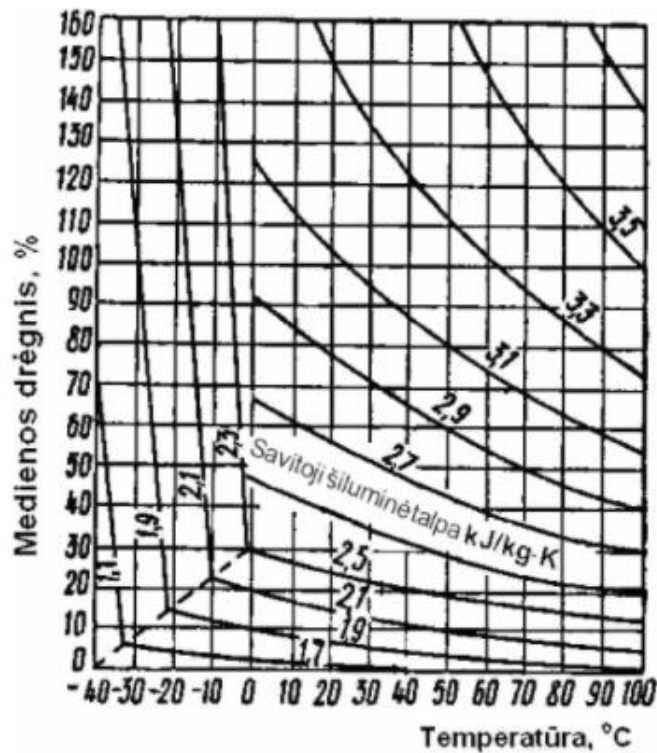
$$Q_{m^3_{pv}} = \rho \cdot c_{(+)} (\vartheta_g - \vartheta_0). \quad (36)$$

r-faktinis medienos tankis, kg/m<sup>3</sup>;

$\vartheta_0$  - medienos temperatūra, °C. Priimama II džiovinimo režimo pakopos agento temperatūra.

Šiuo atveju  $c_{(+)}$  randamas pagal vidutinę temperatūrą :

$$\vartheta_{vid} = \frac{\vartheta_0 + \vartheta_g}{2}. \quad (37)$$



2 pav. Medienos savitosios šiluminės talpos diagrama

Šilumos sąnaudos medienos pašildymui, tenkančios 1 kg išgarinamos drėgmės (kJ/(kg išg. dr.)):

$$q_p = \frac{Q_{m^3 p}}{M_{m^3}} \quad (38)$$

**Drėgmės išgarinimo šilumos sąnaudos.** Drėgmės išgarinimo šilumos sąnaudos (kJ/(kg išg. dr.)), tenkančios 1 kg išgarinamos drėgmės, nustatomos pagal išeinančio iš rietuvės  $h_2$  ir įeinančio į kamerą  $h_0$  agento entalpijų skirtumą, atsižvelgiant į tai, kad drėgmė preliminariai nebuvo pašildyta.

Džiovinant karštu oru:

$$q_{isg} = \frac{h_2 - h_0}{x_2 - x_0} \cdot 1000 - 4,19 \cdot g_g ; \quad (39)$$

čia  $h_0$  – šviežio oro entalpija žiemos ir vidutinėmis metinėmis sąlygomis;

$h_2$  – išeinančio iš rietuvės oro entalpija;

$x_0$  – šviežio oro drėgnumas žiemos ir vidutinėmis metinėmis sąlygomis;

$x_2$  – išeinančio iš rietuvės oro drėgnumas.

### 3.3. Kameros konstrukcinių elementų parinkimas ir šilumos nuostolių per atitvarus skaičiavimas

Jei ceche stacionariųjų periodinio veikimo kamerų yra mažiau kaip 5 ir jos sumontuotos viename bloke, tai šilumos nuostoliai skaičiuojami kraštiniai kamerasi, jei daugiau – vidurinei. Bendrieji šilumos nuostoliai (kW) per laiko vienetą per atitvarines konstrukcijas apskaičiuojami pagal formulę:

$$\sum Q_n = \sum_{i=1}^{i=n} F_{ati} \cdot k_{ati} (g_{kam} - g_{oro}) \cdot 10^{-3} ; \quad (40)$$

čia  $F_{ati}$  – atskirų atitvarinių konstrukcijų (lubų, grindų, sienų ir kt.) paviršiaus plotai,  $m^2$ ;

$g_{kam}$  – agento vidutinė temperatūra kameroje  $^{\circ}C$ , (priimama  $g_{kam} = g_1$ );

$k_{ati}$  – atskirų atitvarinių konstrukcijų šilumos perdavimo koeficientai,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

$$k_{ati} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{1i}} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{2i}}}; \quad (41)$$

čia  $\alpha_{1i}$ ,  $\alpha_{2i}$  – atskirų atitvarų šilumos atidavimo iš vidaus atitvarai ir nuo sienelės aplinkos orui koeficientai,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$s_i$ ,  $\lambda_i$  – atitinkamos atitvaros storis ir jos šilumos laidžio koeficientai,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

Agento šilumos atidavimo vidiniam sienelės paviršiui koeficientas  $\alpha_1$ , kai agento judėjimo greitis 1–4 m/s ir temperatūra 40–120  $^\circ C$  bei sienelės matmuo agento judėjimo kryptimi 3–24 m, yra 3–17  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$  (dažniausiai 7–8  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ). Sienelės išorinio paviršiaus šilumos atidavimo aplinkos orui koeficientas  $\alpha_2$ , kai sienelės išorinė temperatūra apie 40  $^\circ C$ , o išorės temperatūra -40 - +25  $^\circ C$ , yra 9,5 – 10,5  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ . Jei džiovinimo kameros yra lauke, tai kai nėra vėjo,  $\alpha_2$  gali padidėti iki 10 proc., o esant intensyviai vėjui – 1,5–2 kartus.

Pastaruoju metu vyrauja dviejų konstrukcijų tipų kameros – stacionarios ir surenkamos. Jų pamatai būna betoniniai, gelžbetoniniai, izolijuojami nuo gruntinio vandens. Pamatų gylis – apie 1,2 m. Grindys klojamos iš keturių sluoksnių: apatinis – iš šlako ar keramzito (200–250 mm storio), virš jo pilama skalda (60 mm storio), ant jos – betonas (120 mm storio) ir viršuje cementas (20 mm storio). Grindų nuolydis kanalizacinio šulinio kryptimi – 0,01–0,02. Jei kamera pakraunama bėginiu transportu, tai grindyse įmontuojami konservuotos medienos arba metaliniai lovinio profilio elementai, ant kurių tiesiami bėgiai. Stacionarių kamerų sienos mūrijamos iš plytų (patartina mūryti iš gerai išdegtų raudonųjų) arba įvairių blokelių. Kartais jos statomos iš gelžbetonio plokščių. Išorinės sienos yra šiltinamos ((tarp į lauką nukreiptos 250 mm storio dalies ir vidinės 120 mm dalies yra įterpiamas termoizoliacinis akmens, stiklo, mineralinės vatos ar putų plastiko 50 mm storio sluoksnis). Siūlės tarp plytų turi būti gerai užpildytos skiediniu. Iš vidaus sienos tinkuojamos šlakiniu silikatiniu 10 mm storio cemento skiediniu, o iš išorės netinkuojamos. Lubos daromos iš monolitinių 100–200 mm storio gelžbetonio plokščių, pagamintų iš vandeniui atsparaus betono. Iš viršaus jos padengiamos dviem pikiu aptepta ruberoido arba tolio sluoksniais ir užpilamos 50–350 mm storio termoizoliacinės medžiagos sluoksniu (mažesnio storio didesnės, o didesnio storio – mažesnės šiluminės varžos).

Džiovinimo kamerų aitvaras iš vidaus veikia aukšta agento temperatūra, kuri konvencinėse kameroose būna iki 90–110  $^\circ C$  (džiovinant aukštatemperatūriu režimu – net iki 130  $^\circ C$ ). Agento santykinis drėgnis džiovinimo metu kinta nuo 0,95 iki 0,25. Be to, džiovinant medieną (ypač kietųjų rūšių lapuočius), išsiskiria rūgštys (acto, skruzdžių ir kt.), o spygliuočius – dervos. Taigi, kameroose aplinka yra gana agresyvi. Todėl sienos ir lubos iš vidaus padengiamos vienu iš garui nelaidžių hidroizoliacinių ir rūgštims atsparių sluoksnių: 1 – karščiui atsparia bitumo mastika; 2 – epoksidiniu, perchlorviniliniu ar kitais karščiui ir drėgmei atspariais gruntais, emaliais ar lakais. Dengiama 2–3 kartus. Kartais į skystas dangas primaišoma 5–20 proc. aliuminio pudros. Geras hidroizoliacinis sluoksnis gaunamas apklijavus sienas ir lubas derva ištepta aliuminio folija arba karščiui bei rūgštims atspariu plastikumu, išteptu karščiui atspariais sintetiniais kljais. Išorinėse sienose daromos ventiliavimo angos.

Vidinė ventiliacinių orinių ir dujinių džiovinimo kamerų ertmė susisiekiama su atmosfera pro šviežio oro įleidimo ir panaudoto agento išleidimo angas (kanalus). Jose įrengiamos sandarios sklendės.

Surenkamųjų kamerų sienos montuojamos iš karkaso ir skydų. Gali būti sumontuojamas bendras visai kamerei karkasas ir prie jo tvirtinami skydai arba iš skydų sudaromos sekcijos, o iš pastarųjų – kamera. Taigi, jungiant sekcijas, galima gauti įvairaus ilgio kameras. Skydus sudaro tam tikro ilgio ir pločio 100...200 mm storio rėmas. Iš vidaus ir lauko prie rėmo tvirtinama 1...3 mm storio skarda, o tarpas pripildomas termoizoliacine medžiaga (akmens vata ar putų poliuretano). Kad būtų atsparūs korozijai, kameros karkaso ir kiti konstrukciniai elementai turi būti daromi iš nekoroduojančių metalų (aliuminio – magnio – silicio lydinių arba nerūdijančio plieno). Skydų skarda taip pat turi būti iš aliuminio lydinių ar nerūdijančio plieno. Surenkant tarpai tarp skydų ir karkaso sandarinami atspariu temperatūrai ir elastingu silikono kaučiuku. Lubos yra tokio pat storio kaip ir



sienos. Iš išorės dangos dažnai būna iš gofruotos skardos. Lauke montuojamų kamerų pamatai daromi tokie pat, kaip ir stacionarių kamerų, o patalpose – gali būti apie du kartus mažesnio gylio.

Durys medienai pakrauti turi būti hermetiškos, stabilios. Durų konstrukcija tokia pat, kaip surenkamųjų kamerų skydų. Jos gali būti: varstomos (dvivėrės, vienvėrės), pakeliamos – stumdomos, sulankstomos, vertikaliai pakeliamos, vertikaliai sulankstomos, plokštelinės sustumiamos.

Kai kurių kamerų konstrukcijose naudojamų statybinių medžiagų tankiai ir šilumos laidžio koeficientai pateikti 19 lentelėje.

**19 lentelė.** Statybinių medžiagų tankiai ir šilumos laidžio koeficientai

Medžiaga	Tankis, kg/m <sup>3</sup>	Šilumos laidžio koeficientas, W/(m <sup>2</sup> °C)	Medžiaga	Tankis, kg/m <sup>3</sup>	Šilumos laidžio koeficientas, W/(m <sup>2</sup> °C)
Gelžbetonis	2500	1,63	Ruberoidas, tolis	600	0,175
Šlakbetonis	1600	0,75	Katilinių šlakas	1000	0,29
Putų betonas	1000	0,40	Plienas	7850	58,0
Mineralinė vata	200	0,07	Cementinis tinkas	1800	0,92
Stiklo vata	200	0,07	Putplastis	190	0,05
Plytos	1800	0,76-0,81	Aliuminis	2700	240
Medienos pjūvenos	250	0,09			

Kameros atitvarinės konstrukcijos turi būti kuo nelaidesnės šilumai, kad ant jų vidinių paviršių nesikondensuotų vandens garas iš džiovinimo agento. Labai svarbu, kad garas nesikondensuotų ant lubų vidinio paviršiaus. Šilumos perdavimo koeficientas (W/(m<sup>2</sup>°C)) tada turėtų būti toks:

$$k \leq \alpha_1 \frac{\vartheta_{kam} - \vartheta_{rt}}{\vartheta_{kam} - \vartheta_0}; \quad (42)$$

čia  $\alpha_1$  – kameroje esančio agento šilumos atidavimo lubų paviršiui koeficientas (priimama 5–12 W/(m<sup>2</sup>°C));

$\vartheta_{kam}$  – išeinančio iš rietuvės agento temperatūra (h-x diagramoje „2“ taškas, II džiovinimo režimo pakopa), °C;

$\vartheta_{r.t.}$  – išeinančio iš rietuvės agento rasos taško temperatūra, °C;

$\vartheta_0$  – šviežio oro, įleidžiamo į kamerą, temperatūra, °C.

Džiovinimo kameros lubų šilumos perdavimo koeficientas  $k$  turėtų būti ne didesnis, nei 0,6–0,7 W/(m<sup>2</sup>°C).

Jei džiovinimo kameros grindys patiestos ant grunto, tai priimama, kad jų šilumos perdavimo koeficientas  $k_{grindy} = 0,5 k_{sienų}$ .

Realus  $k$  yra didesnis, nei apskaičiuotas, nes kameroje yra aukštos temperatūros ir didelis santykinis oro drėgnis. Todėl, kai kameroje temperatūra yra iki 50 °C, jį reikia padauginti iš **1,5**, o jei temperatūra didesnė, nei 50 °C, – iš **2,0**.

Žinodami bendruosius šilumos nuostolius  $\sum Q_n$ , apskaičiuojame šilumos nuostolius per atitvaras, tenkančias 1 kg išgarinamos drėgmės (kJ/kg.išg.dr.):

$$q_n = \frac{\sum Q_n}{M_s}; \quad (43)$$

čia  $M_s$  – drėgmės kiekis išgarinamas iš kameroje esančios medienos per sekundę, (kg/s).

Jei džiovinimo kameros yra montuojamos ceche, tai gauti šilumos nuostoliai per atitvaras sumažinami 30 proc.

Šilumos nuostoliai apskaičiuojami vidutinėmis sąlygomis. Gauti rezultatai surašomi 20 lentelėje.

**20 lentelė.** Šilumos nuostoliai per kameros atitvarines konstrukcijas

Atitvarinės konstrukcijos pavadinimas	Atitvarinės konstrukcijos išorinio paviršiaus plotas, m <sup>2</sup>	Šilumos perdavimo koeficientas, k	Kameros temperatūra $\vartheta_{kam}$ , °C	Vidutinėmis metinėmis sąlygomis		
				$\vartheta_0$ °C	$\vartheta_{kam} - \vartheta_0$ °C	$Q_{atitv. KW}$
Galinė siena						
Šoninė siena						
Lubos						
Durys						
Grindys						
Viso:						
Montuojant kameras ceche, nuostolius sumažiname 30 %						
Nepalankių vyraujančių vėjų įvertinimui pridedame 10 %						
Viso:						

### 3.4. Kaloriferių parinkimas

Orinėse garinėse kameros agentas šildomas kaloriferiais. Periodinio veikimo kameros šilumos kiekis kW, kurį turi suteikti kaloriferiai, apskaičiuojama taip:

$$Q_{kal} = (Q_{išg} + \sum Q_n) \cdot C_2 \quad (44)$$

čia  $Q_{išg} = \frac{q_{išg} \cdot M_{sk}}{3600}$  – šilumos sąnaudos kW drėgmės išgarinimui;

$\sum Q_{n.ž.}$  – šilumos sąnaudos kW per kameros atitvarus.

$C_2$  – koeficientas, įvertinantis neapskaičiuotus šilumos nuostolius ( $C_2 = 1,1 \dots 1,3$ ).

Šiuolaikinėse kameros dažniausiai naudojami kompaktiniai kaloriferiai (plokšteliniai, spirališkai valcuoti, bimetaliniai). Kai kurių kompaktinių kaloriferių techninės charakteristikos pateiktos 21 ir 22 lentelėse.

**21 lentelė.** Kai kurios kompaktinių kaloriferių techninės charakteristikos

Kalorinerio Nr.	Gabaritiniai matmenys, mm		Kaitinantysis paviršiaus plotas, m <sup>2</sup>				Frontalinis pjūvio plotas, m <sup>2</sup>
	Aukštis	Plotis	KPS-P	KPB-P	KP3-SK	KP4-SK	
6	673	575	11,40	15,14	10,85	14,26	0,267
7	798	575	14,60	18,81	13,37	17,57	0,329
8	923	575	16,92	22,44	15,87	20,88	0,392
9	1048	575	19,56	26,00	18,41	24,19	0,455
10	1298	575	25,08	33,34	23,45	30,82	0,581
11	1798	1075	72,00	95,63	58,01	90,04	1,660
12	1798	1575	108,00	143,50	102,50	135,02	2,488

**22 lentelė.** Kai kurios kompaktinių kaloriferių techninės charakteristikos

Kaloriferio Nr.	Gabaritiniai matmenys, mm		Kaitinantysis paviršiaus plotas, m <sup>2</sup>		Laisvasis pjūvio plotas, m <sup>2</sup>
	Aukštis	Plotis	KVS-P	KVB-P	
6	675	575	11,40	15,14	0,1319
7	800	575	14,16	18,81	0,1720
8	925	575	16,92	22,44	0,2048
9	1050	575	19,56	26,00	0,2376
10	1300	575	25,08	33,34	0,3032
11	1860	1075	72,00	95,63	0,8665
12	1890	1575	108,00	143,50	1,2984

Reikalingas preliminarus kaloriferių šildančio paviršiaus plotas kameroje apskaičiuojamas pagal kameros talpą ( $m^2/m^3$ ):

$$F_{pr.kal.} = (2 - 18)E_{kam.}; \quad (45)$$

čia  $E_{kam.}$  – kameros talpa,  $m^3$ .

Pagal apskaičiuotą preliminarų šildančio paviršiaus plotą parenkami kaloriferiai ir „sustatomi“ kameroje. Agentas sušyla pratekėdamas pro kaloriferius. Kaloriferių šilumos perdavimo koeficientas priklauso nuo agento greičio. O agento greitis pro kaloriferius priklauso nuo laisvojo pjūvio ploto jam pratekėti. Kanalo, kuriame sumontuoti kaloriferiai, laisvojo pjūvio, statmeno agento tekėjimo kryptčiai, plotas apskaičiuojamas taip:

$$F_{l.p.k.} = F_{kan.} - f_{fr.} \times n_k; \quad (46)$$

čia  $F_{kan.}$  – kanalo, kuriame sumontuoti kaloriferiai, skerspjūvio plotas, statmenas agento tekėjimo kryptčiai,  $m^2$ ;

$f_{fr.}$  – vieno kaloriferio frontalinis pjūvio plotas,  $m^2$ ; jei duotas laisvasis pjūvio agentui pratekėti pro kaloriferį,  $f_{fr.}$  apskaičiuojamas kaip kaloriferio gabaritinių matmenų ir laisvojo pjūvio ploto skirtumas;

$n_k$  – kaloriferių skaičius skerspjūvyje, vnt.

Agento srauto greitis pro kaloriferius, m/s:

$$\omega_k = \frac{V_{sum}}{3600F_{l.p.k.}}; \quad (47)$$

kur bendras kameroje cirkuliuojančio agento kiekis,  $m^3/h$ :

$$V_{sum} = \frac{V_c}{\eta_0}; \quad (48)$$

čia  $V_c$  – per rietuves cirkuliuojantis agento kiekis,  $m^3/h$ ;

$\eta_0$  – kameroje cirkuliuojančio agento srauto panaudojimo koeficientas; priimama, kad  $\eta_0 = 0,7-0,8$ .

Žinant agento srauto greitį, apskaičiuojamas kaloriferių šilumos perdavimo koeficientas:

$$k_{kal} = 20,5(\rho_f \times \omega_k)^{0.44}; \quad (49)$$

čia  $\rho_f$  – faktinis agento, cirkuliuojančio kameroje, tankis,  $m^3/h$ ;

$\omega_k$  – agento srauto greitis, m/s.

Tada reikalingas suminis kaloriferių paviršiaus plotas:

$$F_{kal} = \frac{1000Q_{kal}}{k_{kal}(\vartheta_n - \vartheta_a)}; \quad (50)$$

čia  $\vartheta_n$  – šilumos nešiklio, esančio kaloriferyje, temperatūra, °C; (priimama 80–100 °C);

$\vartheta_a$  – agento temperatūra kameroje (paprastai skaičiuojama kaip „1“ ir „2“ būsenos aritmetinis vidurkis).

Jei pasirinktas preliminarus kaloriferių šildantysis paviršiaus plotas yra artimas apskaičiuotam reikalingam (skirtumas sudaro iki 10 proc.), priimama, kad kaloriferiai parinkti teisingai. Jei šis skirtumas didesnis, pasirenkamas kitas preliminarus kaloriferių šildantysis paviršiaus plotas ir skaičiavimai pakartojami (45–50 formulės).

## 4. KAMEROS AERODINAMINĖ SKAIČIUOTĖ

Aerodinaminėje skaičiuotėje pagal žinomą kameroje cirkuliuojančio agento tūrį  $V_{sum}$  apskaičiuojami agento judėjimui aerodinaminiai pasipriešinimai, parenkami ventiliatoriai, varikliai, apskaičiuojamas jų variklių galingumas.

### 4.1. Faktoriai, lemiantys aerodinaminių pasipriešinimų susidarymą

Džiovinimo kameroje agentas juda uždaru kontūru.

Kai agentą ventiliatorius pučia uždaru kontūru, jo išvystomas slėgis  $H_v$  turi būti lygus visų kontūro ruožų pasipriešinimų sumai (Pa):

$$H_v = \sum \Delta h_{sti}. \quad (51)$$

Kontūro atskiri aerodinaminiai pasipriešinimai  $\Delta h_{sti}$  – tai įvairūs vietiniai pasipriešinimai (kanalo skerspjūvio susiaurėjimai bei praplatėjimai, posūkiai, kaloriferių, sklendžių, ventiliatorių ekranų, rietuvių pasipriešinimai ir kt.) ir kanalų sienelių trinties pasipriešinimai.

Tokiu būdu pasipriešinimų suma (Pa):

$$\sum_{i=1}^{i=n} \Delta h_{sti} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\rho \cdot \omega_i^2}{2} \cdot \left( \frac{\xi_{tri} \cdot l_i \cdot u_i}{4 \cdot f_i} + \zeta_{vi} \right); \quad (52)$$

čia  $\rho$  – cirkuliuojančio agento tankis,  $\text{kg/m}^3$ .

$\omega_i$  – agento judėjimo greitis tam tikrame ruože,  $\text{m/s}$ .

$\xi_{tri}$  – cirkuliuojančio agento trinties į kanalo sienelės koeficientas. Metalinėms sienelėms jis 0,016, tinkuotiems kanalams – 0,03, plytinėms netinkuotoms sienelėms – 0,04, mediniams neobliuotiems paviršiams – 0,16.

$\zeta_{vi}$  – vietinio pasipriešinimo koeficientas;

$l_i$  – ruožo ilgis,  $\text{m}$ .

$u_i$  – kanalo skersinio pjūvio perimetras,  $\text{m}$ .

$f_i$  – kanalo pjūvio, statmeno agento judėjimui, plotas,  $\text{m}^2$ .

Norint apskaičiuoti visus aerodinaminius pasipriešinimus agento judėjimui, reikia:

1 – agento judėjimo cirkuliaciniame kontūre sužymėti visus ruožus, jų matmenis ir tai sunumeruoti;

2 – apskaičiuoti kiekvieno ruožo agento partekėjimui laisvą kanalą plotą, statmeną srauto kryptį,  $\text{m}^2$ ;

3 – apskaičiuoti kiekvieno ruožo agento judėjimo greitį,  $\text{m/s}$ ;

4 – kiekvienam aerodinaminiam pasipriešinimui parinkti (apskaičiuoti) pasipriešinimo koeficientą  $\xi_{tri}$  ar  $\zeta_{vi}$ ;

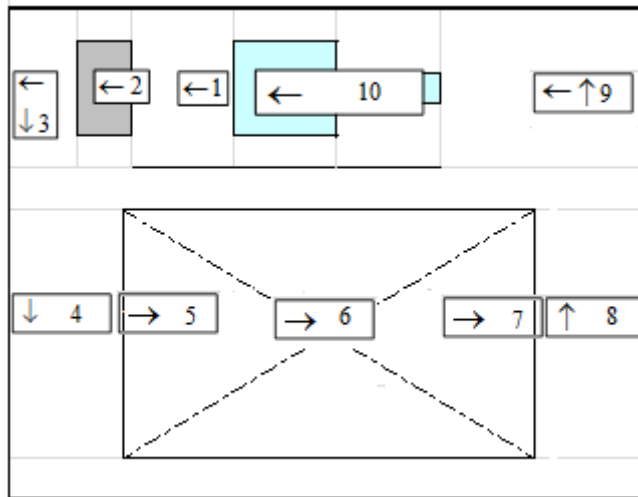
5 – apskaičiuoti kiekvieno ruožo aerodinaminį pasipriešinimą;

6 – gautus pasipriešinimus susumuoti.

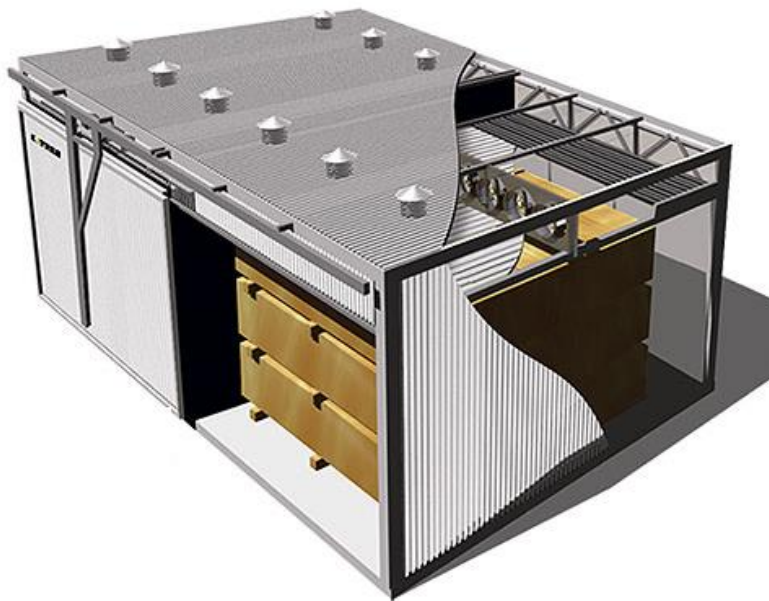
### 4.2. Aerodinaminės džiovinimo agento schemos sudarymas

Džiovinimo agento cirkuliacijos schemą periodinio veikimo kameroms su vertikalia-skersine agento cirkuliacija braižoma kameros skersiniame pjūvyje.

Nubraižytos džiovinimo kameros schemoje (3 pav.) nurodomos džiovinimo agento judėjimo kryptys, nustatomi charakteringi agento judėjimui pasipriešinimo ruožai (t. y. vietos, kuriose agentas staigiai keičia judėjimo kryptį arba pereina iš vienokio skerspjūvio kanalo į kitokio skerspjūvio kanalą), jų matmenis. Pasipriešinimo kanalai, pradedant nuo ventiliatoriaus, sunumeruojami ir pateikiami į 23 lentelėje.



3 pav. Džiovinimo agento aerodinaminiai pasipriešinimai (schema)



4 pav. KATRES vertikaliuos skersinės cirkuliacijos medienos džiovinimo kameros bendras vaizdas  
(Šaltinis: [https://www.katres.cz/batch\\_kilns](https://www.katres.cz/batch_kilns))

23 lentelė. Agento aerodinaminio pasipriešinimo ruožai

Ruožo Nr.	Ruožo pavadinimas
1	Tiesus kanalas
2	Kalorifieriai
3-9	Posūkis + skerspjūvio pokytis
4-8	Tiesus kanalas
5	Posūkis + įėjimas į rietuves (skerspjūvio sumažėjimas)
6	Rietuvės
7	Posūkis + išėjimas iš rietuvių (skerspjūvio padidėjimas)
10	Ventiliatoriai

### 4.3. Pasipriešinimo ruožų plotų ir agento greičių juose skaičiavimas

Pasipriešinimų ruožų skerspjūvio plotai nustatomi ir apskaičiuojami plokštumoje, statmenoje agento judėjimo kryptčiai. Kai kameros vidiniai matmenys:

Plotis – ----- m, ilgis – ----- m, aukštis ----- m.

$$F_1 = \text{-----} (m^2)$$

$$F_2 = \text{-----} (m^2)$$

$$F_{3-9} = \text{-----} (m^2)$$

$$F_{4-8} = \text{-----} (m^2)$$

$$F_5 = \text{-----} (m^2)$$

$$F_6 = \text{-----} (m^2)$$

$$F_7 = \text{-----} (m^2)$$

$$F_{10} = \text{-----} (m^2)$$

$$F_{10} = l * h_l - \pi r^2 * n = \text{-----} (m^2) \quad (53)$$

$l$  – kameros („ventiliatorių patalpos“) ilgis, m;

$h_l$  – „ventiliatorių patalpos“ aukštis, m;

$r$  – preliminarus ventiliatoriaus rotoriaus spindulys, m;

$n$  – ventiliatorių skaičius, vnt.

Agento greitis tam tikrame ruože apskaičiuojamas įvertinus ruožo kanalo skerspjūvio plotą ir cirkuliuojančio kameroje agento kiekį:

$$W_{ruož.} = \frac{V_{csum}}{F_{ruož.}} (m/s) \quad (54)$$

kur:  $V_{csum}$  – kameroje cirkuliuojančio džiovinimo agento per sekundę tūris, ( $m^3/s$ )

$F_{ruož.}$  – pasipriešinimo ruožų plotas, ( $m^2$ ).

$$W_1 = \text{-----} (m/s)$$

$$W_2 = \text{-----} (m/s)$$

$$W_{3-9} = \text{-----} (m/s)$$

$$W_{4-8} = \text{-----} (m/s)$$

$$W_5 = \text{-----} (m/s)$$

$$W_6 = \text{-----} (m/s)$$

$$W_7 = \text{-----} (m/s)$$

$$W_{10} = \text{-----} (m/s)$$

### 4.4. Agento aerodinaminių nuostolių skaičiavimas

Visi aerodinaminiai nuostoliai skirstomi į trinties, kada agentas juda tiesiu, pastovaus skerspjūvio kanalu, ir vietinius, kada keičiasi agento tekėjimo kryptis ar/ir kanalo skerspjūvio plotas. Šių nuostolių skaičiavimai atliekami remiantis 52 formule ir toliau pateikiamomis rekomendacijomis.

Tiesūs ruožai:

$$u_1 = \text{-----} (m)$$

$$\Delta h_1 = \text{-----} (Pa)$$

$$u_{4-8} = \text{-----} (m)$$

$$\Delta h_{4-8} = \text{-----} (Pa)$$

Kiti ruožai:

$$\Delta h_{3-9} = \text{----- (Pa)}$$

$$\Delta h_5 = \text{----- (Pa)}$$

$$\Delta h_6 = \text{----- (Pa)}$$

$$\Delta h_7 = \text{----- (Pa)}$$

$$\Delta h_{10} = \text{----- (Pa)}$$

Agento dinaminis slėgis, Pa:

$$h_d = \frac{\rho \cdot \omega_a^2}{2} \quad (55)$$

**Vietinių pasipriešinimų koeficientų parinkimo rekomendacijos.** Kadangi vietinių pasipriešinimų nustatymas turi tam tikrų ypatybių, jie aptariami atskirai. Pasipriešinimas, staiga keičiantis kanalo skerspjūviui, priklauso nuo kanalo skerspjūvių santykio (paprastai imamas mažesniojo skerspjūvio  $f$  santykis su didesniuoju  $F$ ). Skaičiuojant pasipriešinimą, imamas agento greitis mažesniajame skerspjūvyje.

Skaičiuojant įtekančio į rietuvę ir ištekančio iš jos agento greitį, imamas laisvasis pjūvio plotas  $F_{l.riet.}$ , t. y. agento judėjimo per rietuves greitis  $\omega_r$ .

**24 lentelė.** Vietinio pasipriešinimo koeficientas staiga mažėjant skerspjūviui

Koeficientas	Plotų santykis $f/F$							
	0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\xi_{sm}$	0,29	0,25	0,18	0,13	0,08	0,04	0,01	0

**25 lentelė.** Vietinio pasipriešinimo koeficientas staiga didėjant skerspjūviui

Koeficientas	Plotų santykis $f/F$									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\xi_{pd}$	1,0	0,81	0,64	0,48	0,36	0,25	0,16	0,10	0,05	0,01

Kanalo posūkiai gali būti staigūs ir švelnūs. Švelniai vadinami posūkiai, kai abi stačiakampio kanalo briaunos ties posūkiu yra suapvalintos. Staigus posūkis – kai nesuapvalintos abi briaunos arba suapvalinta tik vidinė kanalo briauna.

Skritulio ar stačiakampio formos skerspjūvio kanalo su švelniu posūkiu 90° kampu pasipriešinimo koeficientas randamas iš 5 pav., o bet koku užapvalinimo kampu – iš 26 lentelės.

**26 lentelė.** Stačiakampio skerspjūvio kanalo, pasisukančio tam tikru kampu be užapvalinimo, koeficientas

Koeficientas	Kanalo posūkio kampas, laipsniais			
	90	120	135	150
$\xi_{pos.k}$	1,1	0,55	0,25	0,20

Stačiakampio formos kanalui be užapvalinimo pasisukus tam tikru kampu, vietinio pasipriešinimo koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

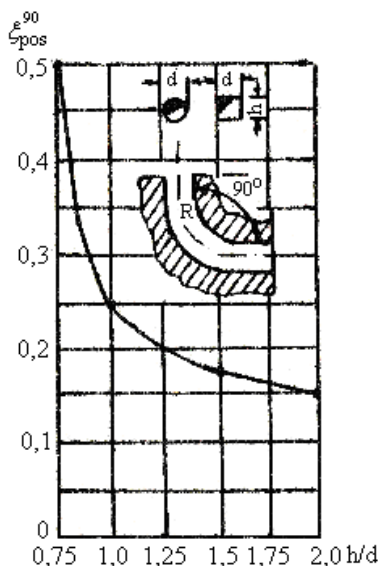
$$\xi_{pos.st} = k \cdot \xi_{pos.k}; \quad (56)$$

čia  $k$  – koeficientas, randamas iš 27 lentelės pagal kanalo pločio  $b$  ir aukščio  $h$  santykį.

27 lentelė. Koeficiento  $k$  vertės

Koeficientas	Santykis $b/h$										
	0,25	0,50	0,66	0,80	1,0	1,25	1,50	1,75	2,0	2,5	3,0
$k$	1,8	1,5	1,3	1,17	1,0	0,80	0,70	0,55	0,46	0,40	0,37

Kai stačiakampio formos kanalas palengva pasisuka  $90^\circ$  kampu, tai vietinio pasipriešinimo koeficientas randamas nustatytą 5 pav. vertę padauginus iš 27 lentelėje rastos vertės.

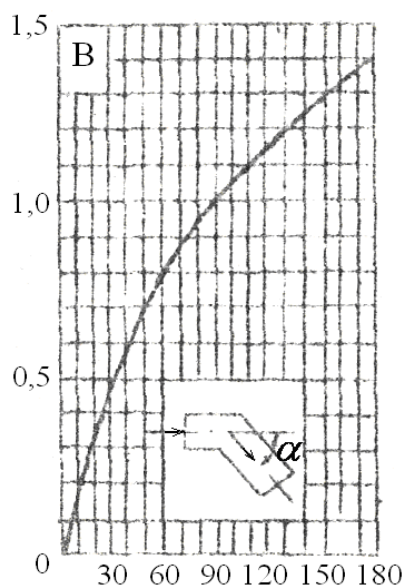


5 pav. Skritulio ar stačiakampio formos skerspjūvio kanalo su švelniu  $90^\circ$  kampu posūkio koeficientas

Stačiakampio formos kanalo su suapvalinta vidine briauna staigaus posūkio vietinio pasipriešinimo koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

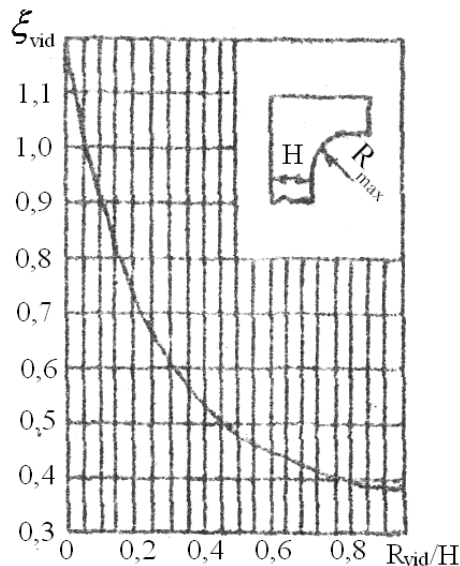
$$\xi_{pos.st} = \xi_{vid.} \cdot B; \quad (57)$$

čia  $B$  – koeficientas, nustatomas 6 pav.;  $\xi_{vid.}$  – preliminarus pasipriešinimo koeficientas (7 pav.);



6 pav. Koeficiento  $B$  priklausomybė nuo posūkio kampo





**7 pav.** Kanalo su suapvalinta vidine briauna staigaus posūkio preliminarus pasipriešinimo koeficientas

Pasipriešinimas pasisukant kanalui 90° kampu ir kintant kanalo skerspjūvio plotui priklauso nuo kanalo aukščio  $h$  santykio su pločiu  $b$  prieš posūkį ir kanalo pločio  $b_1$  po posūkio – su pločiu prieš posūkį  $b$ : jis randamas iš 28 lentelės.

**28 lentelė.** Pasipriešinimo pasisukant kanalui ir kintant kanalo skerspjūvio plotui koeficientas

Prieš posūkį $h/b$	Po posūkio $b_1/b$						
	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
0,25	1,76	1,43	1,24	1,14	1,09	1,06	1,06
1,0	1,70	1,36	1,15	1,02	0,95	0,90	0,84
4,0	1,46	1,10	0,90	0,81	0,76	0,72	0,66
>4,0	1,30	1,05	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55

Skaičiuojant posūkių pasipriešinimą, agento greitis imamas didesnis (jei už ir prieš posūkį jis skirtingas).

**Rietuvės pasipriešinimas.** Agentui judant skersai rietuvės, pasipriešinimas (Pa) skaičiuojamas taip:

$$\Delta h_r = \frac{\rho \cdot \omega_{gab}^2}{2} \xi_r; \quad (58)$$

$w_{gab}$  – agento greitis prieš pat rietuves, m/s;  $v_{gab} = V/F_{gab}$ .

$\xi_r$  – rietuvės pasipriešinimo koeficientas (apytiksliai priimama, kad kai džiovinamų sortimentų storis yra 25 mm, tai rietuvės pločiui kintant nuo 1,0 iki 3,0 m, jis kinta nuo 4 iki 22; kai sortimentų storis 40 mm – 9–32; kai sortimentų storis 60 mm – 10–46).

**Kaloriferių pasipriešinimas.** Kompaktinių kaloriferių vienos eilės aerodinaminis pasipriešinimas (Pa) apytiksliai apskaičiuojamas taip:

$$\Delta h_{kal} = 5,4(\rho_f \omega_k)^{1,94}. \quad (59)$$

Briaunotų ketaus vamzdžių, kai jie išdėstyti koridoriškai, aerodinaminis pasipriešinimas (Pa):

$$\Delta h_{kal} = 1,04 \omega_k^{1,84}. \quad (60)$$

Briaunotų ketaus vamzdžių, kai jie išdėstyti šachmatiškai, aerodinaminis pasipriešinimas (Pa):

$$\Delta h_{kal} = 1,28 \omega_k^{1,80}. \quad (61)$$

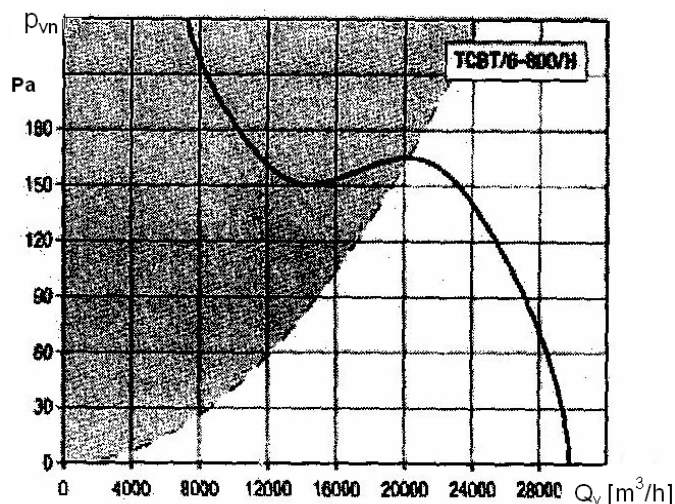
**Ašinių ventiliatorių pertvarų pasipriešinimas.** Į ašinių ventiliatorių pertvaras galima žiūrėti kaip į vieną po kito esantį srauto susiaurėjimą ir praplatėjimą. Norint apskaičiuoti pasipriešinimo koeficientus, reikia pasirinkti ventiliatoriaus gaubto skersmenį. Ašinių ventiliatorių pertvarų (ekranų) pasipriešinimai, kai ventiliatoriai sumontuoti ant trumpų skersinių velenų,  $\xi_v = 0,8$ .

**29 lentelė.** Džiovinimo kameros atskirų ruožų pasipriešinimų skaičiavimai

Ruožo Nr.	Ruožo pavadinimas	Džiovinimo agento tankis, $\text{kg/m}^3$	Džiovinimo agento greitis $W_{\text{ruož.}}$ , m/s	Dinaminis slėgis (Pa)	Tiesių ruožų pasipriešinimo koeficientas	Ruožo vietinio pasipriešinimo koeficientas	Ruožo pasipriešinimas $h_{\text{ruož.}}$ (Pa)
1	Tiesus kanalas						
2	Kalorifieriai						
3–9	Posūkliai						
4–8	Tiesus kanalas						
5	Įėjimas į rietuves						
6	Rietuvė						
7	Išėjimas iš rietuvių						
10	Ventiliatorius						

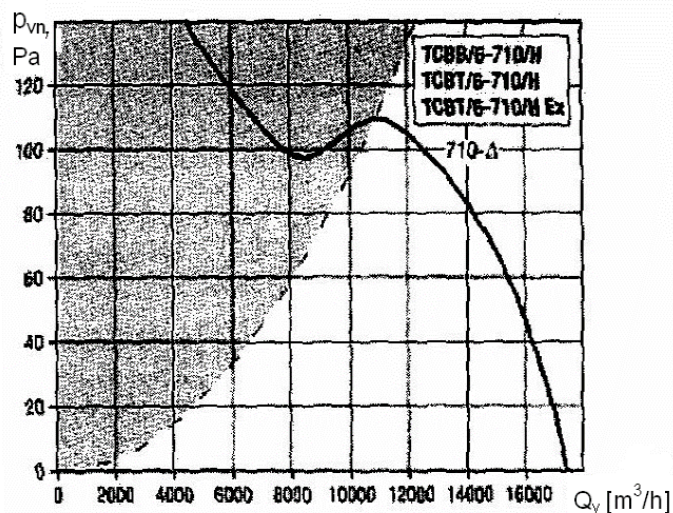
#### 4.5. Ventiliatorių ir jų elektros variklių parinkimas

Ventiliatoriai parenkami pagal reikalingą slėgį  $H_v$  ir našumą  $V_{\text{sum}}/n_v$  (čia  $n_v$  – vienu metu dirbančių ventiliatorių skaičius). Juos parenkant, galima naudotis individualiomis, grupinėmis arba bedimensinėmis charakteristikomis.



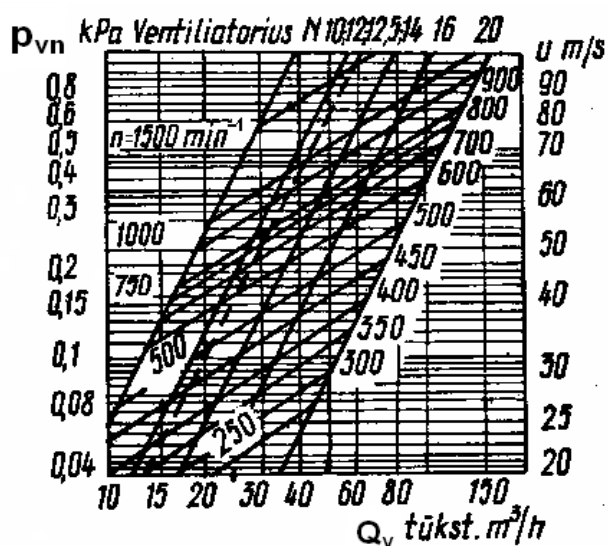
Ventiliatoriaus $n$ , $\text{min}^{-1}$	Ventiliatoriaus $P_w$ , W	Elektros srovės $I$ , A	Ventiliatoriaus $Q_v$ , $\text{m}^3/\text{h}$	Elektros srovės $U$ , V
980	2900	6,2	29 800	230

**8 pav.** Individuali TCBT/6–800/H ašinio ventiliatoriaus charakteristika (oro  $\vartheta = 20\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 1,2\text{ kg/m}^3$ ); ventiliatoriaus triukšmo stiprio lygis 72–98 dB



Ventiliatoriaus $n$ , $\text{min}^{-1}$	Ventiliatoriaus $P_w$ , W	Elektros srovės $I$ , A	Ventiliatoriaus $Q_v$ , $\text{m}^3/\text{h}$	Elektros srovės $U$ , V
840	1300	6,5	17800	230

9 pav. Individuali TCBB/6–710H ašinio ventiliatoriaus charakteristika (oro  $\vartheta = 20\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 1,2\text{ kg/m}^3$ ); ventiliatoriaus triukšmo stiprio lygis 67–86 dB [3]



10 pav. Y–12 tipo ašinių ventiliatorių grupinė charakteristika [3]

Ventiliatorių charakteristikos paprastai yra sudarytos standartinėmis oro sąlygomis (temperatūra  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , santykinis oro drėgnis 50 proc. ir oro tankis  $1,2\text{ kg/m}^3$ ). Tuomet faktiškai reikalingą išvystyti ventiliatoriaus slėgį reikia perskaičiuoti į standartinių sąlygų (Pa) slėgį  $H_{ch}$ :

$$H_{ch} = H_v \frac{1,2}{\rho_f}; \quad (62)$$

čia  $\rho_f$  – faktiškasis agento tankis,  $\text{kg/m}^3$ .

Iš charakteristikų pasirinkus tam tikro tipo ir numerio ventiliatorių, apskaičiuojama jo variklio galia. Kai ventiliatoriai turi atskiras pavaras, galia (kW) apskaičiuojama pagal formulę:

$$N = \frac{V_{sum} \cdot H_v \cdot k_a \cdot k_t}{3600 \cdot n_v \cdot \eta_v \cdot \eta_p} \cdot 10^{-3}; \text{ kW} \quad (63)$$

čia  $V_{sum}$  – bendras kameroje cirkuliuojančio agento kiekis,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$n_v$  – vienu metu veikiančių ventiliatorių skaičius;

$H_v$  – ventiliatoriaus išvystomas faktiškas slėgis, Pa;

$\eta_v$  – ventiliatoriaus naudingo veikimo koeficientas (priimama  $n_v = 0,5-0,9$ );

$\eta_p$  – ventiliatoriaus pavaros naudingo veikimo koeficientas. Jei ventiliatoriaus rotorius tiesiogiai sumontuotas ant elektros variklio veleno, tai  $\eta_p = 1,0$ , jei ventiliatoriaus velenas su variklio veleno sujungtas mova, tai  $\eta_p = 0,95$ , o jei trapeciniu diržu –  $\eta_p = 0,90$ .

$k_a$  – atsargos koeficientas, įvertinantis paleidimo momentą. Kai variklio galia yra mažesnė, nei 0,5 kW,  $k_a = 1,20$ , kai variklio galia 1,0–2,0 kW,  $k_a = 1,10$ , o kai variklio galia 2 kW ir daugiau –  $k_a = 1,05$ .

$k_t$  – koeficientas, priklausantis nuo aplinkos temperatūros. Kai aplinkos temperatūra mažesnė, nei 25 °C,  $k_t = 1,0$ , kai temperatūra kinta 25–50 °C,  $k_t$  kinta 1,05–1,25 ribose.

Džiovinimo kameroms rekomenduojami trifaziai asinchroniniai trumpai sujungti uždari 4 A serijos elektros varikliai. Jie būna šių galių (kW): 1,1; 1,5; 2,2; 3,0; 4,0; 5,5; 7,5; 11,0; 15,0; 18,5; 22,0; 30.

Pasirinkus elektros variklius apskaičiuojamos elektros energijos sąnaudos.

## 5. MECHANIZMŲ IR CECHO PERSONALO PARINKIMAS

### 5.1. Mechanizmų parinkimas ir džiovinimo proceso valdymo principai

Mechanizavimo lygis, įrenginiai, cecho personalas priklauso nuo džiovinimo cechų dydžio, džiovinamų sortimentų, kamerų tipo. Džiovinimo cechą (skyrių) paprastai sudaro gamybinės, pagalbinės ir buitinės patalpos. Šias patalpas privalu taip išdėstyti, kad būtų patogų organizuoti darbą, naudotis patalpomis ir įrenginiais. Periodinio veikimo kameros, kai jų yra iki 10–12, išdėstomos vienoje eilėje išilgai traversinio kelio, kai daugiau – dvejose. Kamerų valdymo patalpa (dažniausiai 2,5–3 m pločio koridorius) įrengiamas kamerų priešingame traversiniam keliui gale arba tarp jų. Visos pakrovimo, iškrovimo, sandėliavimo patalpos, traversinis kelias – dažniausiai dengtos patalpos. Laboratoriją rekomenduojama įrengti arti valdymo patalpos, kontorą – arti pakrovimo patalpų.

Mediena į kameras paprastai kraunama dviem būdais – ištisinėmis rietuvėmis ir rietuves formuojant iš paketų. Džiovinimo ceche atliekamos šios transportavimo operacijos: drėgna pjautinė mediena atvežama į rietuvių formavimo patalpas, transportuojama į džiovinimo kameras, išdžiovinta mediena iškraunama iš kamerų, transportuojama į aušinimo patalpą – sandėlį, o iš sandėlio – į mechaninio apdirbimo cechą.

Pjautinė mediena į rietuvių formavimo patalpą dažniausiai atvežama sukrauta glaudžiais paketais. Ištisinė rietuvė dažniausiai formuojama naudojant liftą. Tokių liftų keliamoji galia būna apie 15 tonų, platformos vertikali eiga – 2,6 m, platformos judėjimo greitis – apie 0,35 m/min., galia – 10 kW.

Džiovinant didesnius kiekius (daugiau kaip 50000 m<sup>3</sup>/metus), paprastai naudojamos paketų formavimo mašinos (kartais paketai, tinkami krauti į džiovyklas, suformuojami bendrose, pvz. pjovimo ar rūšiavimo linijose). Iš paketų autokrautuvais ar talėmis suformuojamos rietuvės.

Medienos rietuvės kraunamos ant surenkamų trekinių ar ištisos suvirintos konstrukcijos vežimėlių. Tokiu atveju šios rietuvės ceche transportuojamos traversiniais vežimėliais (skersvežimiais). Traversinių vežimėlių keliamoji galia būna 15–20 tonų, judėjimo greitis – 0,35–0,5 m/s, instaliuotoji galia 8–10 kW.

Paketai gali būti transportuojami ceche ir elektokrautuvais, o rietuvės suformuojamos ant vežimėlių prieš pat kamerą arba į kamerą sukraunamos iš viso nenaudojant vežimėlių.

Medienos džiovinimo procesą paprastai valdo skaitmeninė programa. Pasirinkus programą ir suvedus reikiamus duomenis apie medieną (kartai programa parenkama automatiškai), vėliau operatoriui valdyme dalyvauti nereikia. Tokios skaitmeninės sistemos valdymo principas paprastas – ji gauna informaciją iš kameroje esančių jutiklių apie medienos ir agento parametrus ir, priklausomai nuo džiovinimo programos, palaiko atitinkamus agento parametrus.

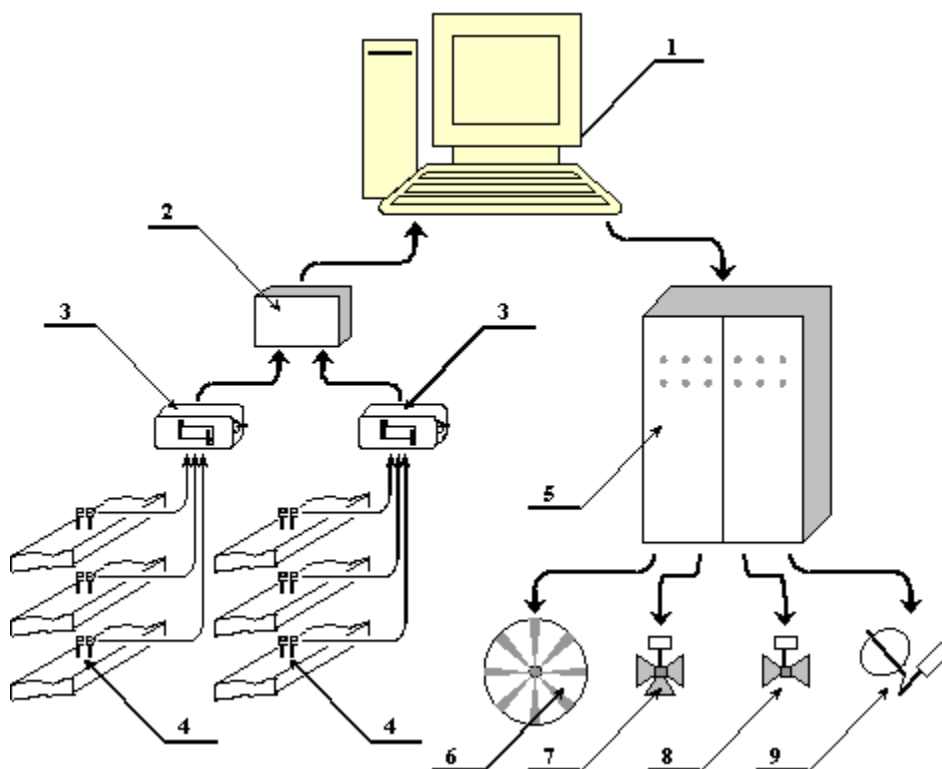
Džiovinimo proceso metu nuolat matuojama:

- medienos drėgnis (4);
- agento santykinis drėgnis (3);
- agento temperatūra(3)
- kartais agento greitis;

ir reguliuojamas:

- ventiliatorių sukimosi greitis (6);
- šildymo sistemos ventilių atidarymas ir uždarymas (7);
- drėgno oro išmetimo ir šviežio oro padavimo kanalų ventilių atidarymas ir uždarymas (8);
- drėkinimo sistemos ventilių atidarymas ir uždarymas (9);

čia 1 – kompiuteris, kuriame suinstaliuotos medienos džiovinimo programos; 2 – įrenginys, leidžiantis „susikalbėti“ jutikliams su kompiuteriu; 5 – „valdymo spinta“, kuri pagal gautus signalus valdo džiovinimo kameros įrenginius.



11 pav. Medienos džiovinimo proceso principinė valdymo schema

Parinkus mechanizavimo įrenginius, galima apskaičiuoti metines elektros energijos sąnaudas bei aptarti džiovinimo cecho darbo apsaugos priemones.

## 5.2. Cecho personalo parinkimas

Džiovinimo cecho personalas parenkamas pagal cecho našumą, džiovinamų sortimentų specifikaciją, procesų mechanizavimo ir automatizavimo lygį. Pamainai, kai ceche yra 5–30 kamerų, priimamas vienas džiovinimo operatorius. Darbininkų, formuojančių, transportuojančių, išformuojančių rietuves, skaičius priklauso nuo darbų apimties (30 lentelė).

30 lentelė. Krovimo našumas bei darbo sąnaudos formuojant ir išformuojant rietuves ar paketus

Rietuvių (paketų) krovimo ir išformavimo būdai	Žmonių skaičius brigadoje	Našumas per pamainą, m <sup>3</sup>	Našumas m <sup>3</sup> /žmogaus valandai	Darbo sąnaudos žmog. val/m <sup>3</sup>
Rankinis rietuvių formavimas džiovinimui (rietuvės be špacių)	2	25–30	1,56–1,88	0,64–0,53
		35–40	2,19–2,50	0,45–0,40
Rankinis rietuvių išformavimas	2	50–60	3,10–3,70	0,3–0,27
		70–80	4,30–5,0	0,23–0,20
Rietuvių be špacių formavimas naudojant liftus	2	35–40	2,20–2,50	0,45–0,40
		50–55	3,10–3,44	0,32–0,29
Rietuvių išformavimas naudojant liftus	2	70–80	4,40–5,0	0,23–0,20
		100–160	5,20–5,80	0,16–0,15
Paketų formavimas formavimo mašinomis	2	82	5,1	0,190
		117	7,3	0,137
Rankinis paketų formavimas	2	33–40	2,08–2,50	0,48–0,40
		46–52	2,86–3,23	0,35–0,31
Rankinis paketų išformavimas	2	66–80	4,16–5,0	0,24–0,20
		92–104	5,72–6,46	0,18–0,16

Lentelėje viršutinis skaičius taikomas, kai kraunamos 25×140×5500 mm, apatinis – 50×140×5500 mm lentos.

Kraunant lentas į rietuves ar paketus su špacijomis, darbo našumas yra apie 20 proc. mažesnis, nei nurodyta lentelėje.

Formuojant rietuves ir paketus iš ruošinių, darbo jėgos poreikis padidėja 2–2,5 karto.

Gaunama, kad kraunant vidutinio storio lentas be špacijų rankiniu būdu, vieno žmogaus darbo našumas – 15 m<sup>3</sup> per pamainą, kraunant liftu – 25 m<sup>3</sup> per pamainą, o iškraunant našumas du kartus didesnis.

Kitas etatinis personalas gali būti parenkamas pagal 33 lentelę.

**31 lentelė. Džiovinimo cecho personalas**

Etatinės pareigybės	Džiovinimo kamerų (cecho) našumas											
	Iki 10 000 m <sup>3</sup> /met.			10 000–50 000 m <sup>3</sup> /met.			50 000–100 000 m <sup>3</sup> /met.			Virš 100 000 m <sup>3</sup> /met.		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Cecho viršininkas	–	–	–	–	–	–	1	1	1	1	1	1
Pamainos meistras	1	1	1	1	1	1	2	2	1	3	3	3
Budintis operatorius	4	4	4	Priklausomai nuo kamerų skaičiaus								
Laborantas	–	–	–	1	1	1	2	1	1	2	2	1
Kontrolierius	–	–	–	–	–	–	1	1	1	1	1	1
Šaltkalvis-remontininkas	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Kūrikai	6	6	6	9	9	9	12	12	12	12	12	12
Elektromonteris	–	–	–	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Mechanikas	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1	1

čia I – rankinio valdymo kameros; II – rankinio valdymo ir distancinio kontroliavimo kameros; III – automatinio proceso reguliavimo kameros.

## 6. DARBŲ SAUGA MEDIENOS DŽIOVINIMO CECHE

Pjautinę medieną krauti į rietuves bei transportuoti leidžiama darbininkams, kurie yra gerai susipažinę su krovimo bei transportavimo mechanizmais ir išklause saugaus darbo instruktažą.

Reikia patikrinti, kad visi krovimo bei transportavimo mechanizmai, vežimėliai, bėgiai, atitvaros, aptvarai būtų tvarkingi.

Rankomis galima krauti rietuves tik iki 1,5 m aukščio nuo grindų, o aukščiau – nuo estakados arba mechanizmais.

Kraunamos rietuvės formą reikia visą laiką tikrinti šablonu; negalima transportuoti kreivai sukrautos rietuvės.

Kraunant vertikaliu keltuvu, negalima stovėti ant jo platformos ir arti rietuvės, kai platforma su rietuve keliamą bei leidžiama žemyn.

Reikia žiūrėti, kad sortimentai, tarpinės lentelės, kiti daiktai nepatektų tarp rietuvės ir keltuvo duobės sienų.

Negalima rietuvių krauti bei iškrauti džiovinimo kameroje.

Neleidžiama liesti judančio lyno ir stovėti šalia transportuojamos rietuvės arba po keliamu bei transportuojamu paketu. Draudžiama, norint sustabdyti judančią bėgiais rietuvę, kaišioti po vežimėlio ratais lentgalis; tam yra specialios trinkelės, uždėtos ant bėgių.

Kai rietuvė stumiamą nuo traversinio vežimėlio arba užtraukiama ant jo, šis turi būti užfiksuotas ant bėgių.

Bėgiai ceche, ant traversinio vežimėlio ir kameroje turi būti viename lygyje, sandūrose tarpai tarp bėgių ne didesni kaip 10 mm. Bėgių gale įtaisomos atramos, kad rietuvės nenuvažiuotų nuo kelio.

Grotelinės kamerų grindys turi būti tvarkingos, tarpai tarp grotelių ne didesni kaip 30 mm.

Jeigu mediena į cechą gabenama autotransportu, turi būti įrengta priverstinė ventiliacija. Draudžiama važiuoti į cechą autotransportu, kuris varomas etiliniu benzinu.

Ceche visi tarpai praėjimams turi būti ne siauresni kaip 1 m, neužkrauti ir neprišiuokšlinti.

Džiovinimo cechuose ir ypač džiovyklose yra aukšta temperatūra ir didelis oro drėgnumas, nemažai besisukančių ir judančių mechanizmų, džiovyklose judančiame agente gali būti kibirkščių, smulkių medienos dalelių, todėl reikia laikytis tam tikrų saugaus darbo ir priešgaisrinės apsaugos taisyklių. Valdymo patalpų ir pačių džiovyklų apšvietimas turi būti ne mažesnis kaip 50 liuksų, laboratorijos – ne mažesnis kaip 150 liuksų.

Medienos džiovyklas gali prižiūrėti tik asmenys, susipažinę su jų konstrukcija, eksploatacija ir saugaus darbo taisyklėmis. Įeiti į veikiančias orines džiovyklas leidžiama išimtiniais atvejais ir tik su specialia apranga (brezentiniu kostiumu, veltiniais, pirštinėmis, oro aušinimo kauke). Į neveikiančias dujines džiovyklas galima įeiti tik užsidėjus dujokaukę. Džiovinimo kameroje turi būti įrengtas žemos įtampos (12 V) apšvietimas, budintieji džiovinintojai turi naudotis akumuliatoriniais žibintais arba kilnojamos žemos įtampos lempomis su apsauginiais tinkleliais.

Laboratorijose, valdymo, dujinių kūryklų patalpose turi veikti ventiliacija, kad būtų galima palaikyti ne aukštesnę kaip 25 °C temperatūrą. Jose neturi būti skersvėjų.

Vamzdžiai, kurių išorinė temperatūra aukštesnė kaip 60 °C, turi būti izoliuoti, visos besisukančios dalys – apšviestos. Kameras reikia aprūpinti distancinės kontrolės ir džiovinimo valdymo įrenginiais.

Džiovyklų durys turi atsідaryti iš išorės ir iš vidaus. Dielektrinėse džiovyklose turi būti įrengta kamerų durų atidarymo ir elektros aukštos įtampos įrenginių blokuotė, t. y. atidarant duris, turi išsijungti elektrodų maitinimas aukštos įtampos srove.

Įėjus į džiovyklą, reikia žiūrėti, kad durys iš lauko neužsidarytų. Jei būtina reikia įeiti į karštą džiovyklą, tai prie durų turi būti kitas darbuotojas.

Siekiant išvengti gaisrų, neleistina, kad kauptųsi medienos atliekos ir dulkės ant kaloriferių, grindų, dujinių džiovyklų kanaluose.

Reikia nuolat tikrinti ir žiūrėti, kad būtų tvarkinga laidų bei kabelių izoliacija, reguliariai tepti ventiliatorių ir elektros variklių guolius, kad jie neperkaistų.

Džiovyklose negalima naudoti atviros ugnies, rūkyti, suvirinimo darbus galima dirbti tik suderinus su priešgaisrinės apsaugos tarnybų atstovais.



Iš karštos džiovyklos negalima eiti tiesiog į lauką, o reikia pabūti 20...30 minučių patalpoje ir atvėsti. Įrenginius džiovyklų viduje galima remontuoti tik atjungus garolaidžius nuo magistralės, nutraukus elektros energijos tiekimą ir ataušinus orą džiovykloje iki 40°C. Visų elektros variklių korpusai turi būti įžeminti. Negalima leisti, kad slystų ventiliatorių pavarų diržai, nes gali susidaryti statiniai elektros krūviai.

## **7. GRAFINĖ PROJEKTO DALIS**

Grafinę dalį sudaro du brėžiniai. Viename pateikiamas cecho planas, kitame – suprojektuotos kameros pjūviai (išilginis bei skersinis vertikalūs ir horizontalus).

Braižant būtina laikytis standartinių mastelių ir visų braižybos taisyklių bei reikalavimų.

## LITERATŪRA

1. Kajalavičius A. Hidroterminis medienos apdirbimas. Kursinio projekto metodiniai nurodymai. Kaunas: Technologija, 1993. 110 p.
2. Kajalavičius A., Albrektas, D. Pjautinės medienos kamerinis konvekcinis džiovinimas. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2010. 208 p.
3. Kajalavičius A., Albrektas, D. Medienos hidroterminio apdorojimo teorija ir įranga. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2008. 167 p.
4. Н.В.Кречетов „Сушка древесины“ Москва 1980
5. Interneto prieiga: [www.katres.cz](http://www.katres.cz)

Kaunas, 2022. Užsakymas I-2406.  
Leido Kauno kolegijos Reklamos ir medijų centras,  
Pramonės pr. 20, LT-50468 Kaunas