

VILNIAUS PEDAGOGINIS UNIVERSITETAS
Techninių disciplinų katedra

Jonas Tiškevičius

**DETALIŲ MATMENŲ, PAVIRŠIŲ
IR FORMŲ TIKSLUMAS**

Vilnius, 1998

UDK 531.7(075.8)
Ti135

Pratarmė

Knygelėje pateikiami detalių matmenų tolerancijų ir suleidimų sudarymo bei apskaičiavimo principai. Aprašytos formų tolerancijos ir jų žymėjimas brėžiniuose.

Mokymo priemonė parašyta pagal technologijos mokytojų rengimo programą. Ja taip pat galės naudotis moksleiviai ir studentai, studijuojantys mašinų mokslo disciplinas.

1. Matmenys

Bet koks gaminys turi matmenis. Jie reikalingi gaminant ir kontroliuojant detales. Brėžiniuose nurodomi linijiniai bei kampiniai matmenys, detalių forma ir pagaminimo tikslumas. Sudėtingos formos detalėms pažymimi koordinuojantys matmenys. Pagrindinis detalės matmuo vadinamas *nominaliniu*. Jis surandamas pagal apskaičiavimus, gautuosius rezultatus suapvalinus iki sveiko milimetrų skaičiaus. Tačiau nominalinis matmuo parenkamas ne bet koks, o pagal normalinių linijinių matmenų eiles. Standartais VST 6636-69 ir ST SEV514-77 nustatytos keturios pagrindinės - R5, R10, R20, R40 ir viena papildoma R80 skaičių eilės (1.1 lentelė).

Kuo stambesnė eilė, tuo tame pačiame intervale mažiau matmenų. Pavyzdžiui,

1.1 lentelė. Normalinių matmenų reikšmės intervale nuo 1 iki 10 mm

R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40
1,00	1,00	1,00	1,00	4,0	4,0	4,0	3,4
		1,05	3,6				
		1,1	3,8				
		1,15	4,0				
		1,2	4,2				
		1,3	4,5				
		1,4	4,8				
		1,5	5,0				
		1,6	5,3				
		1,7	5,6				
1,6	1,6	1,8	1,8	6,3	6,3	6,3	6,0
		1,9	6,3				
		2,0	6,7				
		2,1	7,1				
		2,2	7,5				
		2,4	8,0				
		2,5	8,0				
		2,6	9,0				
		2,8	9,0				
		3,0	9,5				
2,5	2,5	3,2	3,2	10,00	10,00	10,00	10,00
		3,2	10,00				
		3,2	10,00				
		3,2	10,00				

eilės R5 intervale yra 5 skaičiai, R10-10, R20-20 ir t.t. Jei matmuo yra intervale nuo 10 iki 100, tai eilei R5 jo reikšmės galėtų būti 10, 16, 25, 40, 63, 100. Pasirenkant skaičių eilę, pirmenybė teikiama stambesnei eilei. Toks matmenų eilių sudarymas sumažina pjovimo ir matavimo įrankių įvairovę, medžiagų asortimentą, o tuo pačiu ir gamybos išlaidas.

Visus matmenis sąlyginai galima suskirstyti į dvi grupes - gaubiančiuosius (vidinius) ir gaubiamuosius (išorinius). Pirmieji vadinami skylėmis ir žymimi D , antrieji - velenais ir žymimi d . Nepriklausomai nuo detalių matmenų tipo ir dydžio, jas pagaminti absoliučiu tikslumu neįmanoma. Todėl darbo brėžinyje turi būti nurodytos matmens kitimo ribos. Pavyzdžiui, strypelio matmuo d gali keistis nuo mažiausio ribinio d_{min} iki didžiausio ribinio d_{max} (1 pav., a). Šiuo atveju jis gali būti tik didesnis už nominalinį matmenį d .

Didžiausio ribinio ir nominalinio matmenų algebrinis skirtumas vadinamas **viršutine nuokrypa** ir žymimas es .

$$es = d_{max} - d, \quad (1.01)$$

arba
$$d_{max} = d + es \quad (1.02)$$

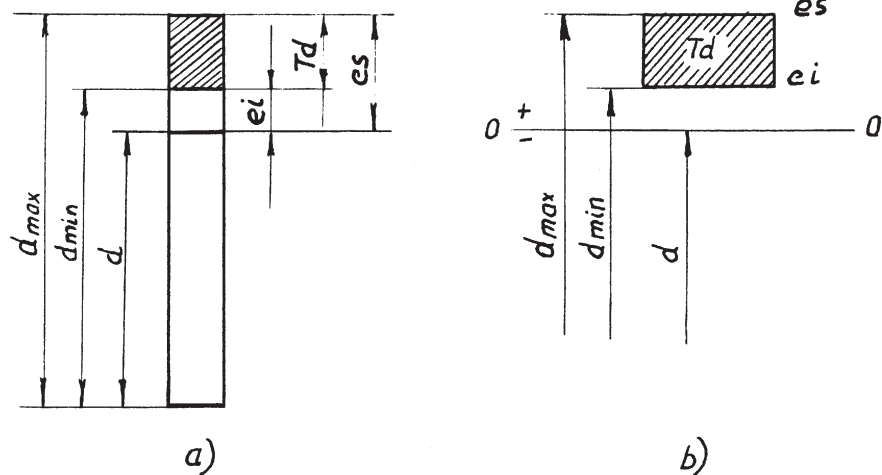
Mažiausio ribinio ir nominalinio matmenų algebrinis skirtumas vadinamas **apatine nuokrypa** ir žymimas ei .

$$ei = d_{min} - d \quad (1.03)$$

arba
$$d_{min} = d + ei \quad (1.04)$$

Didžiausio ir mažiausio ribinių matmenų skirtumas vadinamas tolerancija ir žymimas Td .

$$Td = d_{max} - d_{min} \quad (1.05)$$



1. 1 pav.

Tolerancija visada yra teigiamas dydis ir nustato leidžiamą tikrojo (išmatuoto) matmens svyravimo ribas. Įstatę į formulę (1.05) didžiausio ir mažiausio ribinių matmenų reikšmes, surandame

$$Td = es - ei \quad (1.06)$$

Nuokrypos ir tolerancijos skylėms apskaičiuojamos pagal tas pačias formules, tik jos žymimos didžiosiomis abėcėlės raidėmis:

$$ES = D_{max} - D \quad (1.07)$$

$$D_{max} = D + ES \quad (1.08)$$

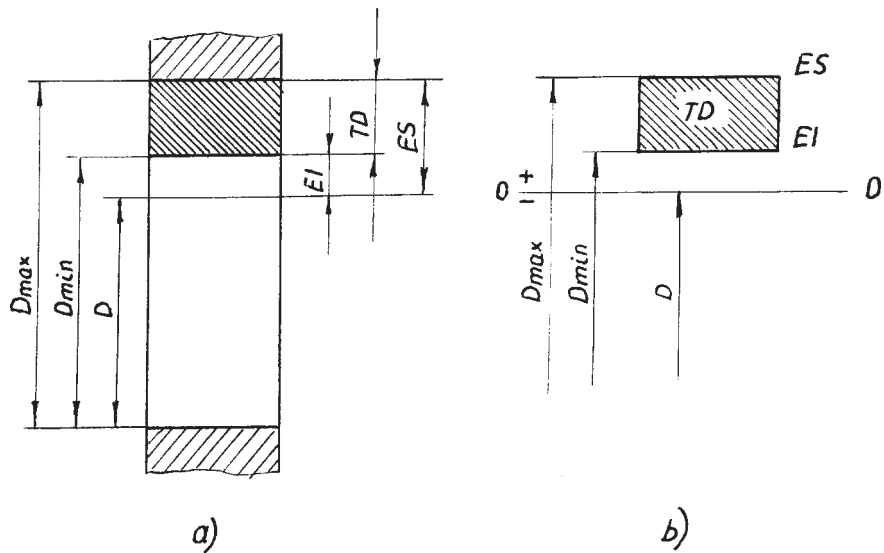
$$EI = D_{min} - D \quad (1.09)$$

$$D_{min} = D + EI \quad (1.10)$$

$$TD = D_{max} - D_{min} \quad (1.11)$$

$$TD = ES - EI \quad (1.12)$$

Brėžiniuose matmenys užrašomi milimetrais, nuokrypos - tūkstantosiomis milimetro dalimis (mikrometrais). Todėl, savaime aišku, tuo pačiu masteliu jas atvaizduoti neįmanoma. Pagal susitarimą grafiškai nominalinis matmuo vaizduojamas kaip dydis iki nulinės linijos, žiūrint iš apačios, o nuokrypos pasirinktu masteliu atidedamos nuo šios linijos - teigiamos į viršų (+), neigiamos - į apačią (-). Plotas, kurį apriboja linijos, einančios per viršutinės ir apatinės nuokrypų ribas, vadinamas *tolerancijos lauku* (1, 2 pav. b). Nuokrypa, esanti arčiau nulinės linijos, vadinama *pagrindine*. Ji nurodo tolerancijos lauko padėtį nulinės linijos atžvilgiu.



1. 2 pav.

Pagal tai galima spręsti apie tikrųjų matmenų dydį. Jei tolerancijos laukas yra aukščiau nulinės linijos, tai tikrieji matmenys visuomet bus didesni ir atvirkščiai, jei tolerancijos laukas žemiau nulinės linijos, tikrieji matmenys - mažesni už nominalinį matmenį.

Tolerancijos turi kompensuoti detalių gamybos ir matavimo paklaidas. Tyrimais nustatyta, kad gamybinės paklaidos kinta pagal dėsnį $\sigma = c \sqrt[3]{D}$. Laipsnio rodiklis x priklauso nuo apdirbimo būdo ir esti nuo 2,5 iki 3,5, c - koeficientas, D - matmens reikšmė. Matavimo paklaidos priklauso nuo matuojamų dydžių ir aplinkos temperatūros. Matmenims iki 500 mm jos sudaro apie $0,001D$. Todėl pačiu aukščiausiu tikslumo laipsniu pagamintų detalių matmenų tolerancijos neturi būti mažesnės už minėtų paklaidų sumą. Šiuo tikslu įvesta **tolerancijos vieneto** (i) sąvoka.

Matmenims iki 500 mm

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D_m} + 0,001 D_m, \mu\text{m} \quad (1.13)$$

matmenims nuo 500 iki 10 000 mm

$$i = 0,004 D_m + 2,1, \mu\text{m} \quad (1.14)$$

D_m - geometrinis intervalo vidurkis, $D_m = \sqrt{D_1 \cdot D_2}$. Čia D_1 ir D_2 yra kraštinės intervalo reikšmės. Pavyzdžiui, matmuo 25 yra intervale tarp 18 ir 30. Tuomet $D_m = \sqrt{18 \cdot 30} = 23,2$ mm.

Tolerancijos vienetas minėtam matmeniui

$$i = 0,45 \sqrt[3]{23,2} + 0,001 \cdot 23,2 = 1,31 \mu\text{m}.$$

Apskaičiuotoji i reikšmė nusakytų matmens 25 kitimo intervalą. Tačiau jis yra labai mažas dydis, ir tokį tikslumą pasiekti praktiškai būtų neįmanoma ir neekonomiška. Standartais yra nustatyti tam tikri tikslumo laipsniai, vadinami **kvalitetais**. Jų yra 19 ir žymimi IT01, IT0, IT1, IT2...IT17.

Kvalitetas - tai tolerancijų visuma, kurios kinta priklausomai nuo nominalinio matmens, išliekant pastoviam tikslumo laipsniui. Kiekvieno kvaliteto tolerancija charakterizuojama pastoviu koeficientu a , kuris vadinamas **tolerancijos vieneto skaičiumi**.

Žinodami tolerancijos vieneto i reikšmę ir jų skaičių a , galime apskaičiuoti bet kurio kvaliteto matmens toleranciją:

$$T = a \cdot i. \quad (1.15)$$

Kaip matome iš 1.2 lentelės, matmens tolerancijos gali būti dešimtimis ir šimtais kartų didesnės už tolerancijos vienetą. Mašinų gamyboje jungiamųjų detalių tolerancijos būna nuo 7 iki 13 kvaliteto. Labai tikslių matmenų (kalibrų) tolerancijos nustatytos 2 - 4 kвалitetuose. Aukščiausiu tikslumo laipsniu gaminami tik galiniai ilgio matai.

Pagal Vieningąją tolerancijų ir sureidimų sistemą visi matmenys iki 10000 mm suskirstyti į tris grupes: iki 500 mm, nuo 500 mm iki 3150 mm ir nuo 3150 iki

1.2 lentelė. Tolerancijos vienetų skaičius (*a*) kвалitetams

Kвалitetas	<i>a</i>	Kвалitetas	<i>a</i>
01	1	9	40
0	1,41	10	64
1	2	11	100
2	2,74	12	160
3	3,74	13	250
4	5,12	14	400
5	7	15	640
6	10	16	1000
7	16	17	1600
8	25		

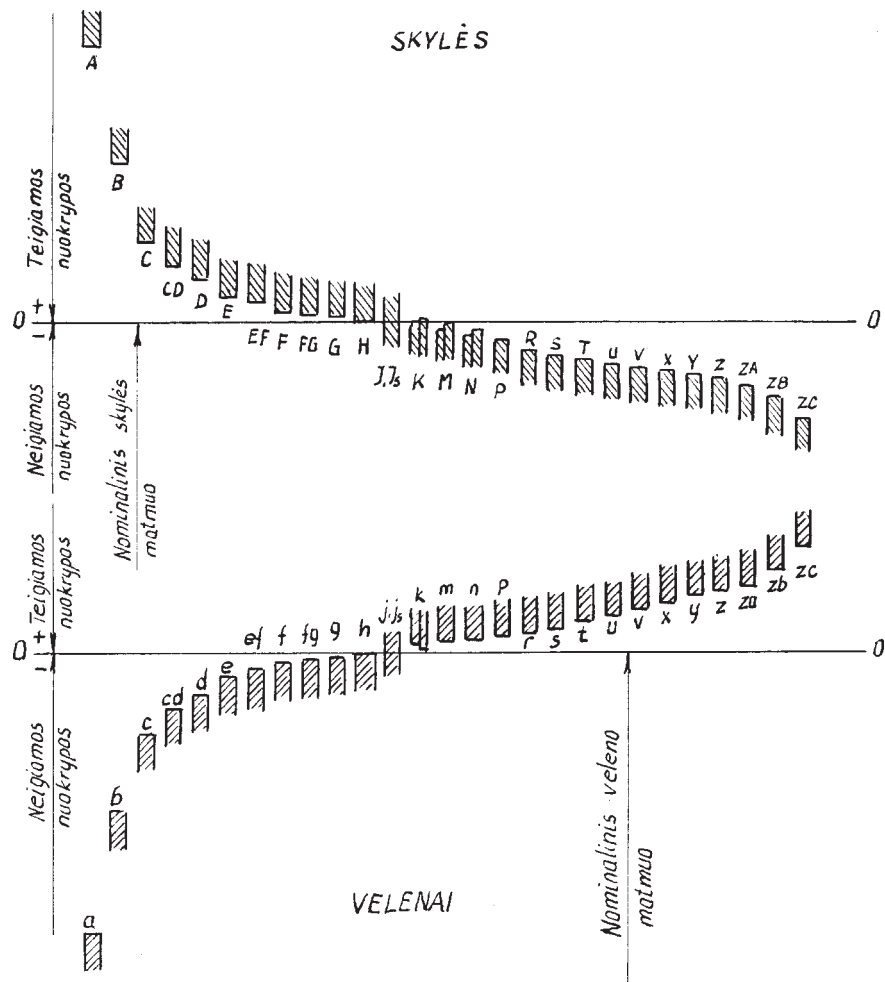
10 000 mm. Matmenys iki 500 mm suskirstyti į 13 pagrindinių intervalų: iki 3 mm, nuo 3 iki 6 mm, nuo 6 iki 10 mm ir t.t. Be to, grupėse matmenys, didesni negu 10 mm suskirstyti į tarpinius intervalus. Pvz., pagrindinis intervalas nuo 10 iki 18 mm turi du tarpinius intervalus nuo 10 iki 14 mm ir nuo 14 iki 18 mm. Matmenys nuo 500 iki 3150 mm suskirstyti į 8 pagrindinius ir 16 tarpinių intervalų, matmenys nuo 3150 iki 10 000 mm - atitinkamai į 5 ir 10 intervalų.

Pagal technines sąlygas tikrieji matmenys gali būti lygūs nominaliniam matmeniui, arba skirtis nuo jo didėjimo (mažėjimo) kryptimi. Norint išvengti painiavos standartais nustatytos pagrindinių nuokrypų reikšmės, nuo kurių priklauso tolerancijos lauko padėtis nominalinio matmens atžvilgiu. Pagrindinės nuokrypos dydis priklauso nuo matmens ir yra pastovus visiems kвалitetams (1.3 lentelė). Jos pavadintos viena arba dviem lotyniško alfabeto raidėmis - didžiosiomis skylėms ir mažosiomis - velenams. Skylėms nuokrypos nuo *A* iki *H* yra teigiamos apatinės (+*EI*), velenams *a-h* - neigiamos viršutinės (-*es*); skylėms *K - ZC* - neigiamas viršutinis (-*ES*), velenams *k - zc* - teigiamos apatinės. Pagrindinės nuokrypos skylėms ir velenams tam pačiam nominaliniam matmeniui yra vienodo dydžio bet priešingų ženklų: $EI_{(A)} = -es_{(a)}$, $EI_{(D)} = -es_{(d)}$, $ei_{(p)} = -ES_{(P)}$, $ei_{(t)} = -ES_{(T)}$ ir t.t. (1.3 pav.)

Lentelėse būna nurodytos tolerancijų reikšmės matmenims ir viena pagrindinė nuokrypa. Kita nuokrypa nustatoma taip:

- 1) kai pagrindinė nuokrypa yra viršutinė, tai apatinė nuokrypa velenams $ei = es - Td$, skylėms $EI = ES - TD$;
- 2) kai pagrindinė nuokrypa yra apatinė, viršutinė nuokrypa velenams $es = ei + Td$, skylėms $ES = EI + TD$.

Tolerancijos laukai žymimi nurodant pagrindinę nuokrypą ir kвалitetą, pvz.,



1. 3 pav.

h6, g8, H8, P9 ir t.t. Brėžiniuose jie užrašomi šalia nominalinio matmens, pvz., 25B6, 60f8, 85Js6 ir t.t. Apskaičiuokime šių matmenų ribines reikšmes ir atvaizduokime grafiškai:

- 1) 25B6. 1.4 lentelėje surandame matmens 25 toleranciją $TD = 13 \mu\text{m}$. Užrašytas matmuo yra skylė, nes pagrindinė nuokrypa pažymėta didžiąja raide B. 3 lentelėje matome, kad B pagrindinė nuokrypa yra teigiama

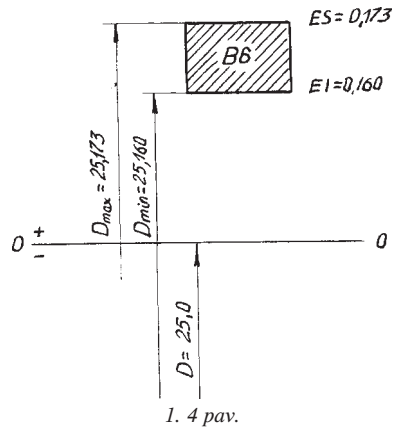
1.3 lentelė. Pagrindinės nuokrypos skylėms ir velenams

Matmenų intervalai, mm	Veleno viršutinė nuokrypa -es								I _s	Veleno apatinė nuokrypa +ei														
	a	b	c	d	e	f	g	h		k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
	visiems kвалitetams									4...7	visi kвалitetai													
Iki 3	270	140	60	20	14	6	2	0	0	0	2	4	6	10	14	-	18	-	20	-	26	32	40	60
Virš 3 iki 6	270	140	70	30	20	10	4	0	1	0	4	8	12	15	19	-	23	-	28	-	35	42	50	80
Virš 6 iki 10	280	150	80	40	25	13	5	0	1	0	6	10	15	19	23	-	28	-	34	-	42	52	67	97
Virš 10 iki 14	290	150	95	50	32	16	6	0	1	0	7	12	18	23	28	-	33	-	40	-	50	64	90	130
Virš 14 iki 18																								
Virš 18 iki 24	300	160	110	65	40	20	7	0	2	0	8	15	22	28	35	-	41	47	54	63	73	98	138	188
Virš 24 iki 30																								
Virš 30 iki 40	310	170	120	80	50	25	9	0	2	0	9	17	26	34	43	48	60	68	80	84	112	148	200	275
Virš 40 iki 50	320	180	130																					
Virš 50 iki 65	340	190	140	100	60	30	10	0	2	0	11	20	32	41	53	66	87	102	122	144	172	226	300	405
Virš 65 iki 80	360	200	150																					
Virš 80 iki 100	380	220	170	120	72	36	12	0	3	0	13	23	37	51	71	91	124	146	178	214	258	335	445	585
Virš 100 iki 120	410	240	180																					
Virš 120 iki 140	460	260	200	145	85	43	14	0	3	0	15	27	43	63	92	122	170	202	248	300	365	470	620	800
Virš 140 iki 160	520	280	210																					
Virš 160 iki 180	580	310	230	170	100	50	15	0	4	0	17	31	50	88	108	146	210	252	310	380	465	600	780	1000
Virš 180 iki 200	660	340	240																					
Virš 200 iki 225	740	380	260	190	110	56	17	0	4	0	20	34	56	80	130	180	258	310	385	470	575	740	960	1250
Virš 225 iki 250	820	420	280																					
Virš 250 iki 280	920	480	300	210	125	62	18	0	4	0	21	37	62	94	158	218	315	385	475	580	710	920	1200	1530
Virš 280 iki 315	1050	540	330																					
Virš 315 iki 355	1200	600	360	230	135	68	20	0	4	0	23	40	68	108	190	268	390	475	590	730	900	1150	1500	1900
Virš 355 iki 400	1350	680	400																					
Virš 400 iki 450	1500	760	440	250	150	75	22	0	5	0	25	45	75	126	232	330	490	595	740	920	1100	1450	1850	2400
Virš 450 iki 500	1650	840	480																					
	visiems kвалitetams									visiems kвалitetams														
	A	B	C	D	E	F	G	H	J _s	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC
	Skylės apatinė nuokrypa +EI									Skylės viršutinė nuokrypa -ES														

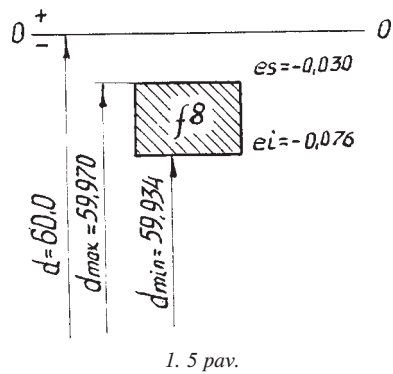
1.4 lentelė. Tolerancijų reikšmės matmenims iki 1600 mm

Matmenų intervalai, mm	Tolerancijos kvalitetams, μm											
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Iki 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40
Virš 3 iki 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48
Virš 6 iki 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58
Virš 10 iki 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70
Virš 18 iki 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84
Virš 30 iki 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100
Virš 50 iki 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120
Virš 80 iki 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140
Virš 120 iki 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160
Virš 180 iki 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185
Virš 250 iki 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210
Virš 315 iki 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230
Virš 400 iki 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250
Virš 500 iki 630	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175	280
Virš 630 iki 800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125	200	320
Virš 800 iki 1000	5,5	8	11	15	21	29	40	56	90	140	230	360
Virš 1000 iki 1250	6,5	9	13	18	24	34	46	66	105	165	260	420
Virš 1250 iki 1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195	310	500

apatinė $EI = 160\mu\text{m}$ (0,160 mm).
 Viršutinė nuokrypa $ES = EI + TD = 160 + 13 = 173\mu\text{m}$ (0,173 mm).
 Didžiausias ribinis skylės matmuo $D_{max} = D + ES = 25,0 + 0,173 = 25,173\text{mm}$; mažiausias ribinis skylės matmuo $D_{min} = D + EI = 25,0 + 0,160 = 25,160\text{mm}$.



Brėžinyje nuokrypos su savo ženklais užrašomos šalia nominalinio matmens, šiuo atveju $25^{+0,173}_{+0,160}\text{mm}$. Nuokrypos, kurios lygios nuliui, šalia nominalinio matmens neužrašinėjamos, pvz., $60^{+0,030}\text{mm}$, $75_{-0,030}\text{mm}$. Tolerancijos laukas grafiškai atvaizduojamas taip: iš pradžių nubrėžiame nulinę liniją (1.4 pav.). Matmuo iki šios linijos, žiūrint iš apačios, yra nominalinis. Toliau laisvai pasirinktu masteliu nuo nulinės linijos atidedame nuokrypų EI ir ES reikšmes. Išvedę per jas linijas, lygiagrečias nulinę linijai, ir jas sujungę, gauname stačiakampį plotelį, kuris vadinamas tolerancijos lauku. Šio plotelio aukštis yra ne kas kita, kaip matmens tolerancija ($13\mu\text{m}$, arba 0,013 mm). Plotelio ilgis neturi jokios reikšmės ir pasirenkamas laisvai. Matmuo iki tolerancijos lauko viršaus yra didžiausias ribinis, iki apačios - mažiausias ribinis. Tikrieji matmenys negali išeiti iš tolerancijos lauko ribų.



- 2) Matmuo 60f8 yra išorinis (velenas), nes pagrindinė nuokrypa f. Jo tolerancija $Td = 46\mu\text{m}$ (1.4 lentelė), pagrindinė nuokrypa yra viršutinė neigiama; $es = -30\mu\text{m}$ (1.3 lentelė). Apatinė nuokrypa $ei = es - Td = -30 - 46 = -76\mu\text{m}$. Vaizduojant grafiškai, jos atidedamos į apačią nuo nulinės linijos (1.5 pav.).

Apskaičiuojame ribinius matmenis:

$$d_{max} = d + es = 60 + (-0,030) = 59,970\text{ mm};$$

$$d_{min} = d + ei = 60 + (-0,076) = 59,924\text{ mm}.$$

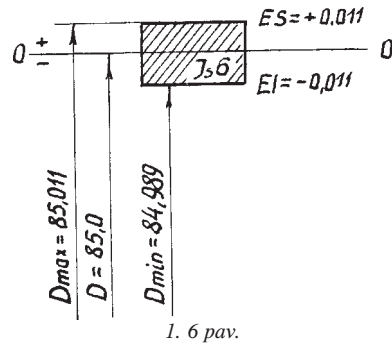
Kaip matome iš skaičiavimų ir paveikslo, šis matmuo gali būti tik mažesnis už nominalinį. Brėžinyje jis būtų užrašytas $60_{-0,076}^{-0,030}$ mm.

Matmuo 85Js6 pagrindinės nuokrypos neturi. Jo viršutinė ir apatinė nuokrypos yra vienodo dydžio, tik priešingų ženklų:

$$ES = +0,5TD = 0,5 \cdot 22 = 11 \text{ mm};$$

$$EI = -0,5TD = -0,5 \cdot 22 = -11 \text{ mm}.$$

Ribiniai matmenys $D_{max} = D + EI = 85 + 0,011 \text{ mm} = 85,011 \text{ mm}$; $D_{min} = D + EI = 85 + (-0,011) = 84,989 \text{ mm}$.



1. 6 pav.

Tolerancijos laukas yra simetriškas nulinės linijos atžvilgiu (1.6 pav.).

Darbo brėžiniuose vietoje matmens 85Js6 bus užrašyta $85 \pm 0,011 \text{ mm}$.

Iš šių pavyzdžių galima padaryti tokias išvadas:

- 1) matmenys, kurių tolerancijų laukai yra virš nulinės linijos, visuomet yra didesni už nominalinius;
- 2) matmenys, kurių tolerancijų laukai yra žemiau nulinės linijos, visuomet yra mažesni už nominalinius;
- 3) matmenys, kurių tolerancijų laukai yra simetriški nulinės linijos atžvilgiu, gali būti lygūs, mažesni ar didesni už nominalinius.

2. Suleidimai

Gaminiai sudaryti iš detalių. Detalės tarpusavyje gali būti sujungtos judamai arba nejudamai. Matmenys, kuriais detalės susijungia, vadinami jungiamaisiais. Sujungimo nominalinis matmuo yra bendras abiem detalėms. Tikrieji jungiamųjų detalių matmenys praktiškai visuomet būna skirtingi. Šis skirtumas ir parodo detalių tarpusavio sujungimo pobūdį, kuris vadinamas *suleidimu*. Suleidimai skirstomi į judamuosius, nejudamuosius ir tarpinius.

Panagrinėkime šiuos suleidimus atskirai. Judamiesiems suleidimams yra garantuotas tarpelis, t.y. skylės matmuo visuomet didesnis už veleno matmenį. Tarpelio dydis gali keistis nuo didžiausio iki mažiausio, priklausomai nuo jungiamųjų skylės ir veleno tikrųjų matmenų reikšmių.

$$S_{max} = D_{max} - d_{min}, \text{ arba } ES - ei, \quad (2.01)$$

$$S_{min} = D_{min} - d_{max}, \text{ arba } EI - es. \quad (2.02)$$

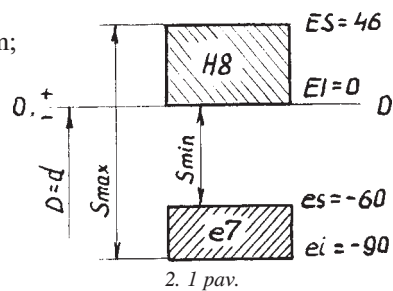
Mažiausias tarpelis gali būti lygus nuliui. Tarpelio tolerancija $TS = S_{max} - S_{min}$. Įstatę S_{max} ir S_{min} reikšmes, gauname

$$TS = TD + Td \quad (2.03)$$

Apskaičiuokime judamąjį suleidimą $56 \frac{H8}{e7}$ ir grafiškai jį atvaizduokime. Čia 56 - sujungimo nominalinis matmuo, H8 - skylės tolerancija, e7 - veleno tolerancija. 1.4 lentelėje surandame, kad $TD = 46 \mu\text{m}$, $Td = 30 \mu\text{m}$. Iš 1.3 lentelės:

$$\begin{aligned} EI &= 0, \quad es = -60 \mu\text{m}; \\ ES &= EI + TD = 46 \mu\text{m}; \\ ei &= es - Td = -60 - 30 = -90 \mu\text{m}; \\ S_{max} &= ES - ei = 46 - (-90) = 136 \mu\text{m}; \\ S_{min} &= EI - es = 0 - (-60) = 60 \mu\text{m}; \\ TS &= TD + Td = 46 + 30 = 76 \mu\text{m}. \end{aligned}$$

Kaip matome 2.1 pav., skylės tolerancijos laukas yra aukščiau už veleno tolerancijos lauką. Tarpelio dydis priklauso nuo skylės ir veleno tolerancijos laukų tarpusavio padėties: kuo laukai arčiau vienas kito, tuo tarpelis mažesnis ir, atvirkščiai, - kuo toliau, tuo tarpelis didesnis. Mažiausi suleidimo tarpeliai būtų sujungimui $\frac{H/h}{}$, didžiausi - $\frac{H/zc}{}$.



Nejudamieji suleidimai charakterizuojami garantuota įvarža. Šiuo atveju veleno tikrieji matenys turi būti didesni už skylės matmenis.

Didžiausia įvarža

$$N_{max} = d_{max} - D_{min} \quad \text{arba} \quad es - EI \quad (2.04)$$

mažiausia įvarža

$$N_{min} = d_{min} - D_{max} \quad \text{arba} \quad ei - ES \quad (2.05)$$

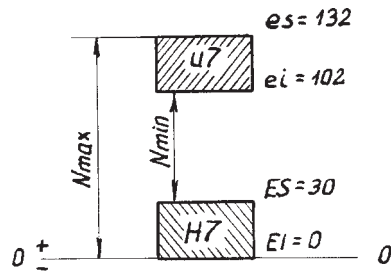
Įvaržos tolerancija

$$TN = N_{max} - N_{min} = TD + Td \quad (2.06)$$

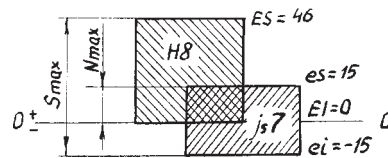
Pavyzdžiui, nejudamojo suleidimo $80 \frac{H7}{u7}$ įvarža būtų apskaičiuojama taip:

$$\begin{aligned} TD &= Td = 30 \mu\text{m}; \quad EI = 0; \\ ES &= 30 \mu\text{m}; \quad ei = 102 \mu\text{m}; \\ es &= ei + Td = 102 + 30 = 132 \mu\text{m}; \\ N_{max} &= es - EI = 132 - 0 = 132 \mu\text{m}; \\ N_{min} &= ei - ES = 102 - 30 = 72 \mu\text{m}; \\ TN &= TD + Td = 30 + 30 = 60 \mu\text{m}. \end{aligned}$$

Šiuose suleidimuose velenų tolerancijų laukai visuomet išsidėstę aukščiau už skylių tolerancijų laukus. Įvaržos dydis taip pat priklauso nuo veleno ir skylės tolerancijos laukų tarpusavio padėties: jiems suartėjant, įvarža mažėja, atitolstant - įvarža didėja. Pavyzdžiui, sujungimas $\frac{H/u}{}$ pasižymi mažesne įvarža, negu sujungimas $\frac{H/x}{}$ ir t.t.



2. 2 pav.



2. 3 pav.

Kai detalės turi būti sujungtos su nedideliu laisvumu arba įvarža, jų tikrieji matmenys turi nedaug skirtis. Tokie suleidimai vadinami **tarpiniais**. Šiuo atveju skaičiuojamas didžiausias galimas tarpelis ir didžiausia galima įvarža. Pavyzdžiui, suleidimas $75 \frac{H8}{j7}$:

$$TD = 46 \text{ mm}; Td = 30 \text{ mm}; EI = 0; ES = 46 \text{ mm}$$

$$ei = -15 \text{ mm}; es = +15 \text{ mm};$$

$$S_{max} = ES - ei = 46 - (-15) = 61 \text{ mm};$$

$$N_{max} = es - EI = 15 - 0 = 15 \text{ mm}.$$

Mažiausi tarpeliai ir įvaržos šiems suleidimams neskaiciuojami.

Kaip matyti 2.3 pav., skylės ir veleno tolerancijų laukai dalinai vienas kitą dengia (susikerta), todėl suleidimų tarpeliai ir įvaržos būna maži.

Suleidimai atliekami skylės arba veleno sistemoje.

Skylės sistemoje suleidimai gaunami, sujungus skirtingų ribinių matmenų velenus su pastovaus matmens skylė, vadinama **pagrindine**. Pagrindinė skylė - tai skylė, kurios apatinė nuokrypa lygi nuliui ($EI = 0$).

Veleno sistemoje suleidimai gaunami sujungus skirtingų ribinių matmenų skylės su pastovaus matmens velenu. Toks velenas vadinamas **pagrindiniu**. Jo viršutinė nuokrypa lygi nuliui ($es = 0$). Mašinų gamyboje plačiausiai naudojama skylės sistema, kaip ekonomiškesnė.

2.1 lentelė. **Pagrindinės nuokrypos suleidimams skylės ir veleno sistemos**

Suleidimai	Skylės sistema		Veleno sistema	
	Skylės	Velenai	Skylės	Velenai
Judamasis	H	a-h	A-H	h
Nejudamasis	H	p-zc	P-Z	h
Tarpinis	H	j_s, k, m, n	J_s, K, M, N	h

Brėžiniuose detalių jungiamieji matmenys dažniausiai užrašomi šalia nominalinio matmens nurodant nuokrypas - skaitiklyje skylėms, vardiklyje velenams, pvz.,

$56 \begin{smallmatrix} +0,046 \\ -0,066 \\ -0,090 \end{smallmatrix}$ mm, $80 \begin{smallmatrix} +0,030 \\ -0,112 \\ -0,102 \end{smallmatrix}$ mm, $75 \begin{smallmatrix} +0,046 \\ -0,075 \end{smallmatrix}$ mm ir t. t.

3. Paviršių ir formų tikslumas

Paviršius, apdirbtas pačiu aukščiausiu tikslumo laipsniu, nėra absoliučiai lygus. Jame pasikartojantys nelygumai charakterizuojami žingsniu S_w ir aukščiu W_z . Pagal šių dydžių santykį nustatytos trys paviršių tikslumo normos: šiurkštumas, banguotumas ir formos nuokrypos. Kai santykis $\frac{S_w}{W_z}$ yra mažesnis negu 40, sakoma, kad paviršius šiurkštus; kai jis didesnis negu 1000, paviršiai turi formos nuokrypas; tarpinės šio santykio reikšmės ($1000 > \frac{S_w}{W_z} > 40$) rodo paviršiaus banguotumą.

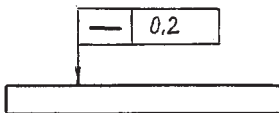
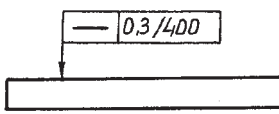
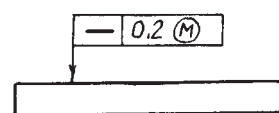
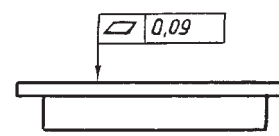
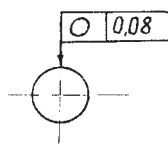
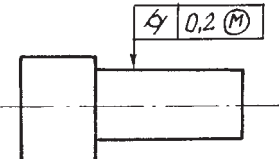
Paviršių formų nuokrypas galima suskirstyti į tris grupes: formos, tarpusavio padėties ir suminės. Formos nuokrypos yra netiesumas (-), neapskritumas (O), neplokštumas (\sphericalangle) ir necilindriškumas (/o/). Tai didžiausias atstumas nuo paviršiaus iki glaustinės tiesės arba plokštumos. Jis gali būti nurodytas visam paviršiui, arba tam tikrai jo daliai. Brėžiniuose šios nuokrypos žymimos rėmelyje, nurodant jų simbolį ir reikšmę (mm). Kai šios nuokrypos susietos su matmenų tolerancijomis, tuomet papildomai prirašoma M (3.1 pav.).

Paviršių tarpusavio padėties nuokrypų yra daugiau. Dažniausiai pasitaikančios yra paviršių nelygiagretumas (//), nestatmenumas (\perp), nesimetriškumas (\equiv), ašių nesusikirtimas (\times), ašių nesutapimas (\odot) ir t.t. Brėžiniuose gali būti nurodytas bazinis paviršius A, kurio atžvilgiu šios nuokrypos yra nustatytos (3.2 pav.).

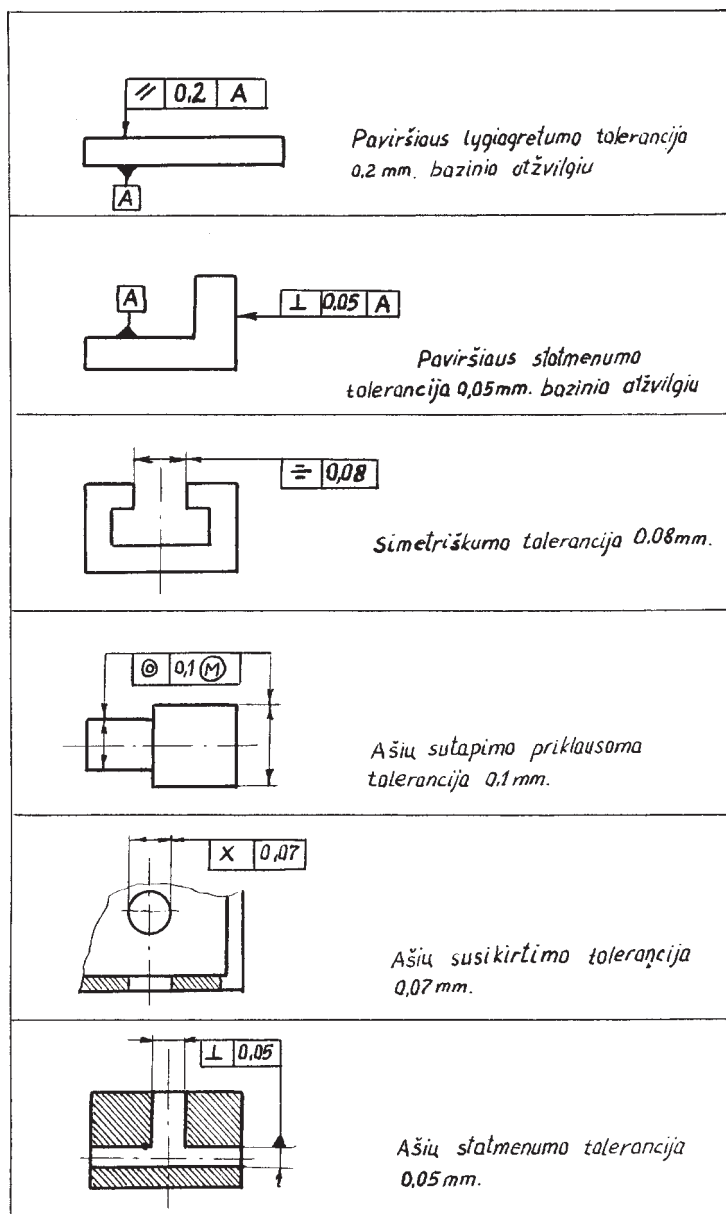
Suminės nuokrypos yra: radijalinis ir galinis mušimas (\curvearrowright). Radijalinis mušimas matuojamas kryptimi, statmena sukimosi ašiai, galinis - lygiagrečiai. Šios nuokrypos gali būti nurodytos visam paviršiui arba jo daliai (3.3 pav.).

Paviršių formos ir tarpusavio padėties nuokrypoms standartu SEV 636-77 nustatyta 16 tikslumo laipsnių (nuo 1 iki 16 tikslumo mažėjimo kryptimi).

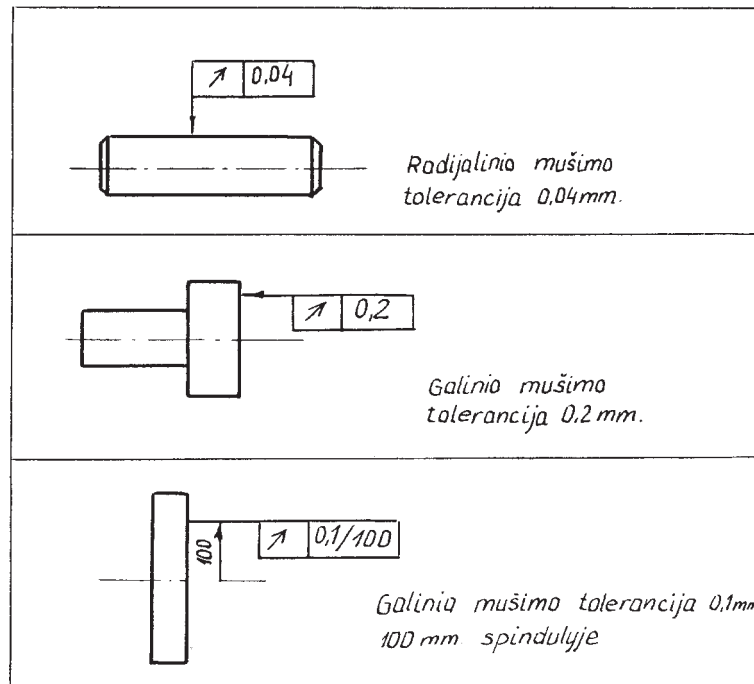
Paviršių šiurkštumas apibūdinams aukščio, žingsnio ir kontakto rodikliais. Šie rodikliai apskaičiuojami, išmatuojant paviršiaus profilio nuokrypas tam tikrame (baziniame) ilgyje, kuris parenkamas iš tokios eilės: (0,01); (0,03); 0,08; 0,25; 0,8; 2; 5; 8; (25) mm (reikšmės, nurodytos skliausteliuose, naudojamos išimtiniais atvejais). Bazinis ilgis matuojamas ant vidurinės paviršiaus profilio linijos m . Tai

	<p>Tiesumo tolerancija 0,2 mm.</p>
	<p>Tiesumo tolerancija 0,3 mm. 400 mm. ilgijje</p>
	<p>Priklausoma tiesumo tolerancija 0,2 mm.</p>
	<p>Plakštumo tolerancija 0,09 mm.</p>
	<p>Apskritumo tolerancija 0,08 mm.</p>
	<p>Priklausoma cilindriškumo tolerancija 0,02 mm.</p>

3. 1 pav. Paviršių formos tolerancijos



3. 2 pav. Paviršių padėties tolerancijos



3. 3 pav. Paviršiaus suminės tolerancijos

linija, lygiagreti nominaliniam profiliui ir dalijanti jį taip, kad profilio taškų atstumų kvadratų suma būtų mažiausia.

Aukščio rodikliams priklauso vidutinė aritmetinė profilio nuokrypa R_a , mikronelygumų aukštis R_z , ir didžiausias profilio nelygumų aukštis R_{max} . R_a - tai vidutinė profilio absoliutinių atstumų iki jo vidurinės linijos reikšmė

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|; \quad (3.01)$$

čia n išmatuotų nuokrypų y skaičius, R_z - tai baziniame ilgyje išmatuotų penkių aukščiausių profilio viršūnių taškų ($H_{i_{max}}$) ir penkių žemiausių įdubų taškų ($H_{i_{min}}$) absoliutinių atstumų nuo vidurinės linijos sumos vidutinė reikšmė

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |H_{i_{max}}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i_{min}}|}{5}. \quad (3.02)$$

Didžiausias profilio nelygumų aukštis R_{max} - tai atstumas tarp profilio aukščiausios viršūnės ir žemiausio įdubos taško baziniame ilgyje.

Žingsnio rodikliai yra du: vienas matuojamas ant profilio vidurinės linijos ir

žymimas S_m , kitas - ant profilio viršūnių (S).

Vidutinis profilio nelygumų žingsnis S_m - tai profilio nelygumų žingsnio reikšmė baziniame ilgyje:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}. \quad (3.03)$$

Vidutinis nelygumų žingsnis S - tai baziniame ilgyje nustatytas vidutinis atstumas tarp charakteringiausių profilio viršūnių:

$$s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n s_i. \quad (3.04)$$

Esant tokio pat dydžio aukščio ir žingsnio rodikliams, paviršių kontaktas gali būti labai skirtingas. Jis priklauso nuo santykinio atraminio profilio ilgio

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} 100\%, \quad (3.05)$$

η_p - atraminis profilio ilgis, gaunamas kertant profilį linija, lygiagrečia vidurinei linijai ir einančia atstumu p nuo viršūnių linijos. Jis lygus atkarpų b_i sumai

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i. \quad (3.06)$$

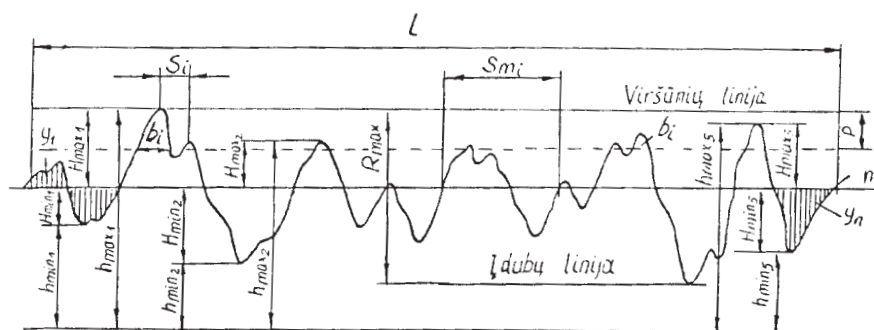
Atstumas p parenkamas iš eilės: 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90% R_{max} reikšmės.

Mikronelygumai detalių paviršiuje gali turėti kryptis: lygiagrečią (=), kryžminę (\times), radialinę (R), apskritiminę (C) ir laisvą (M).

Paviršių šiurkštumas priklauso nuo jų apdirbimo baigiamųjų operacijų. Pavyzdžiui, rodiklis R_a , liejant detalę į smėlio formą, būna apie $50 \mu\text{m}$, frezuojant - $12...25 \mu\text{m}$, gręžiant ir pusiau glotniai tekinant - $3,2...6,3 \mu\text{m}$, šlifuojant labai glotniai - $0,1...0,2 \mu\text{m}$ ir t.t.

Šiurkštumo rodikliai parenkami atsižvelgiant į detalių darbo sąlygas:

- 1) riedėjimo ir slydimo paviršiams - R_a , R_z , t_p ir mikronelygumų kryptis;

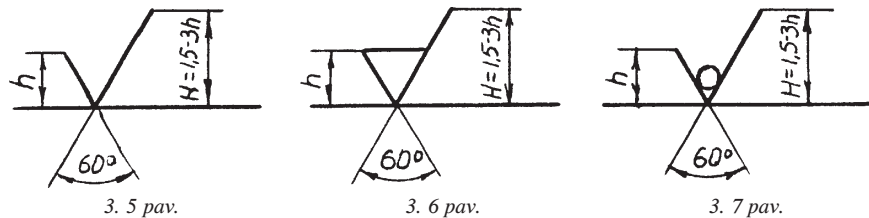


3. 4 pav. Paviršiaus tikrasis profilis ir nelygumus charakterizuojantieji rodikliai

- 2) nejudamiems suleidimams - R_a arba R_z ;
- 3) hermetinių sujungimų paviršiams - R_a arba R_z ir tp ;
- 4) paviršiams, kuriuos veikia kintamos apkrovos - R_{max} , S_m arba S ir mikronelygumų kryptis ir t.t.

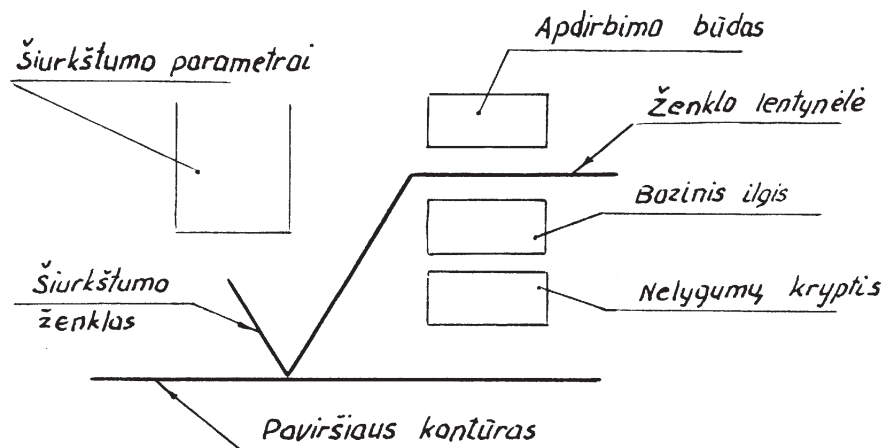
Pagrindiniu paviršiaus šiurkštumo kriterijumi laikomas rodiklis R_a . Detalių, kurių matmenys yra tikslesnių kokybė, šiurkštumo rodikliai taip pat parenkami mažesni. Pavyzdžiui, rodiklis R_a gali sudaryti nuo 1 iki 5% matmens tolerancijos, rodiklis R_z - nuo 5 iki 20%.

Brėžiniuose pagal standartus VST 309-73 ir ST SEV 1632-79 paviršių šiurkštumo reikšmės nurodomos virš grafinių ženklų (3.5, 3.6, 3.7 pav.)



Detalių paviršiai, kuriems apdirbimo būdas nurodomas, žymimi pirmuoju, kai nurodomas apdirbimo būdas - antruoju, o kai paviršiai neapdirbami - trečiuoju ženklais. Visiems rodikliams, išskyrus R_a , prieš skaitmeninę šiurkštumo rodiklio reikšmę nurodomas simbolis. Kai nurodomas apdirbimo būdas, bazinis ilgis, nelygumų kryptis, rodikliai užrašomi tokia tvarka, kaip parodyta 3.8 pav.

Žymint paviršių šiurkštumą brėžiniuose, reikia laikytis šių pagrindinių taisyklių:



3. 8 pav.

1. Gaminio paviršių šiurkštumo ženklai atvaizde žymimi ant kontūro linijų ($R_a = 1,25 \mu\text{m}$), iškeltinių linijų ($R_a = 0,63 \mu\text{m}$) arba ant išnašų linijų lentynėlių ($R_z = 20 \mu\text{m}$). Kai trūksta vietos, tai šiurkštumo ženklus leidžiama žymėti ant matmenų linijų ($R_a = 2,5 \mu\text{m}$) arba jų tęsinio (3.9 pav.).
2. Paviršiaus šiurkštumo ženklas, kuris turi lentynėlę, pagrindinio įrašo lentelės atžvilgiu žymimas taip, kaip pavaizduota 3.10 ir 3.11 paveiksluose, o kuris neturi lentynėlės - žymimas taip, kaip 3.12 paveiksle.
3. Jei visi gaminio paviršiai yra vienodo šiurkštumo, tai brėžinio dešiniajame kampe braižomas šiurkštumo ženklas. Šiuo atveju gaminio atvaizduose šiurkštumas nenurodomas.
4. Jei gaminio paviršių šiurkštumas yra skirtingas, tai dešiniajame viršutiniame brėžinio kampe žymima vyraujančio paviršiaus šiurkštumo reikšmė ir skliausteliuose - ženklas (3.13 pav.).
5. Vienos detalės skirtingo šiurkštumo paviršiaus ruožai brėžinyje atskiriami plona ištisine linija ir nurodomas matmuo (3.14 pav.).
6. Nurodant keletą paviršiaus šiurkštumo rodiklių, jų reikšmės rašomos nuo viršaus žemyn tokia tvarka: pirmiausia užrašomi profilio nelygumų aukščio rodikliai, paskui žingsnio ir profilio santykinio atraminio paviršiaus ilgio rodikliai.

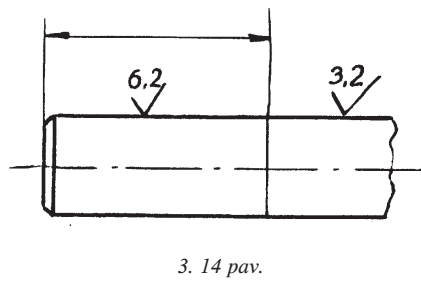
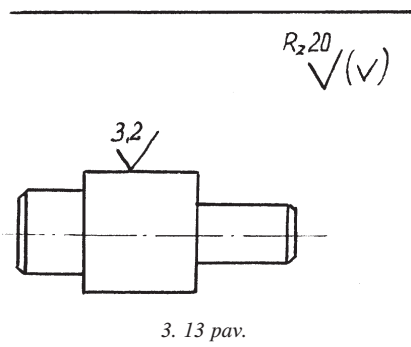
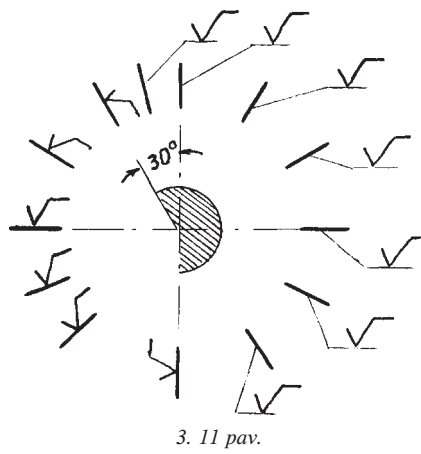
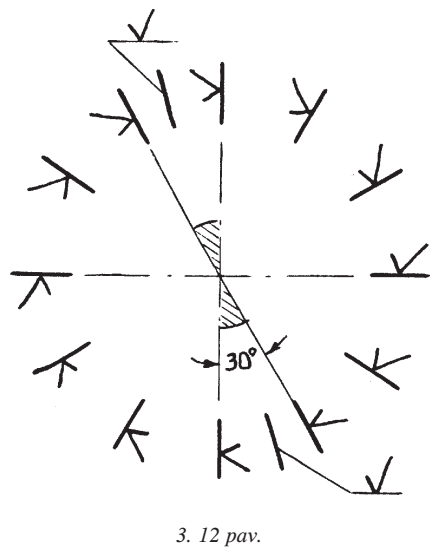
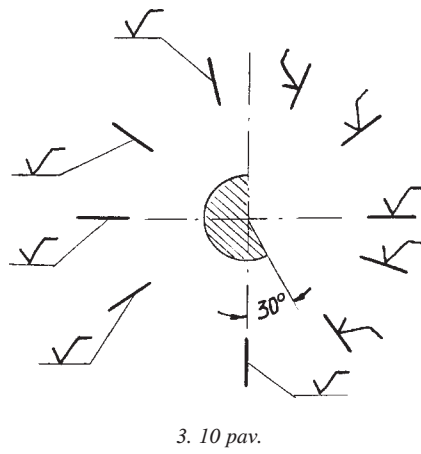
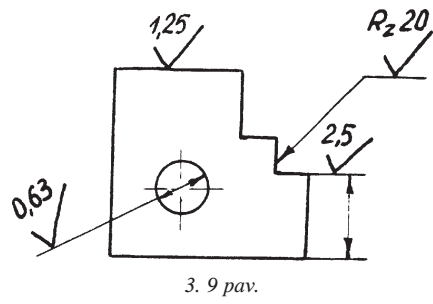
4. Sudėtingos formos detalių tikslumas

Mašinų detalių forma dažniausiai būna sudėtinga. Judesys nuo vienos detalės kitai perduodamas krumpliais, išdrožomis, sriegiais, pleištais ir t.t. Detalės tarpusavyje tvirtinamos sraigtais. Kiekvienas šių detalių paviršiaus elementas turi matmenis, kurių tikslumas gali būti labai įvairus. Standartais yra nustatytos šių matmenų tolerancijos ir suleidimai. Panagrinėkime keletą iš jų atskirai.

4.1. Krumpliaračių pavarų tolerancijos

Eksploatacijos požiūriu krumpliaračių pavaros skirstomos į tokias grupes:

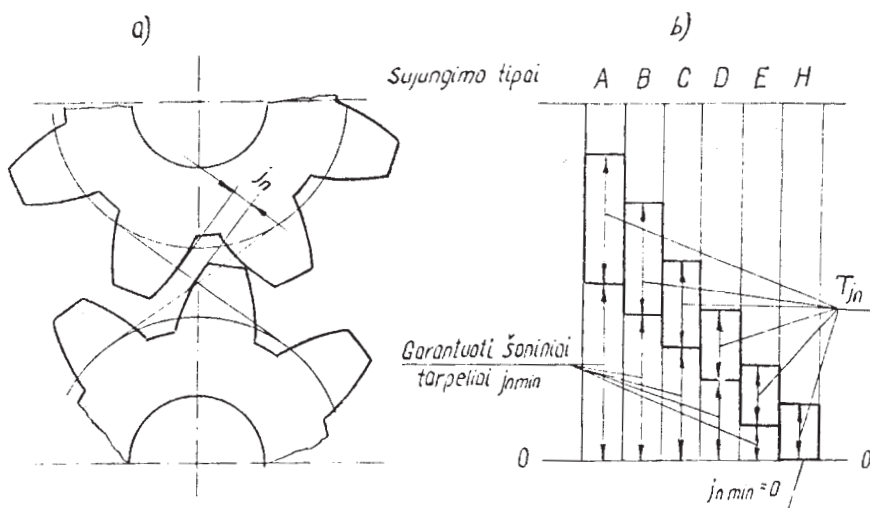
1. Kinematinės pavaros, kurios turi perduoti tikslus judesius. Svarbiausias reikalavimas, keliamas šioms pavaroms, yra kinematinis tikslumas. Krumpliaračiai yra nedidelio modulio, juos veikia taip pat nedidelės jėgos.
2. Greitinės pavaros naudojamos turbinų reduktoriuose ir kituose mechaniz-



muose, kurios perduoda didelius galingumus. Krumpliaračių apskritiminių greitis gali būti labai didelis. Šių pavarų krumpliaračiai esti vidutinio modulio. Jose svarbu išlaikyti didelį tikslumą ir nuoseklų darbą be vibracijos ir triukšmo.

3. Jėgos pavaros perduoda dideles jėgas, sukasi lėtai. Jų krumpliaračiai yra didelio modulio. Pagrindinis reikalavimas šioms pavaroms - geras krumplių kontaktas, taisyklinga ašių padėtis, tiksli kryptis.
4. Bendrosios paskirties pavaroms nekeliama aukštesni tikslumo reikalavimai.

Krumpliaračiai ir pavaros suskirstytos į dvyliką tikslumo laipsnių - nuo 1 iki 12 tikslumo mažėjimo kryptim. Jų tolerancijos ir suleidimai nustatyti standartais ST SEV 641-77 ir ST SEV 642-77. Atsižvelgiant į paskirtį, pavarų tolerancijoms nustatytos tokios tikslumo normos: **kinematinio tikslumo, kabinimo tolygumo ir krumplių kontakto**. Kiekviena iš šių normų apibūdinama kompleksiniu tikslumo rodikliu, kuris ir pažymimas vienu iš tikslumo laipsnių. Kinematinis tikslumas priklauso nuo krumpliaračių apskritiminių žingsnio paklaidų, radijalinio krumpliaračio vainiko mušimo, krumpliaračių tarpcentrinio atstumo svyravimo ir kt. Pažymint brėžinyje, jis nurodomas pirmuoju skaitmeniu. Pavyzdžiui, užrašas 8-7-6 C ST SEV 641-77 reiškia, kad kinematinis tikslumas yra 8 (iš dvylikos galimų). Antrasis skaitmuo (7) apibūdina kabinimo tolygumą, t.y. kaip tiksliai perduodamas judesys nuo vieno krumplio kitam. Krumplių kontaktas nusako paviršių lietimąsi, kai judesys perduodamas nuo vieno krumplio kitam. Jo tikslumas užrašomas trečiuoju skaitme-



4. 1 pav. Šoninis tarpelis (a) ir jo tolerancijos laukų išsidėstymas (b)

4.1 lentelė. Pagrindinės krumplių sujungimo tipų charakteristikos

Sujungimo tipas	Pavadinimas	Tikslumo laipsnis (pagal kabinimo sąlygas)	Mažiausias šoninis tarpelis	Rekomenduojama tolerancija	Tarpcentrinio atstumo nuokrypos klasė
A	Padidintas	3-12	IT 11	a	VI
B	Normalus	3-11	IT 10	b	V
C	Sumažintas	3-9	IT 9	c	IV
D	Mažas	3-8	IT 8	d	III
E	Labai mažas	3-7	IT 7	h	II
H	Nulinis	3-7	0	h	II

niu (6). Krumpliaračiai pavaroje sujungiami, paliekant tam tikro dydžio šoninį tarpelį tarp krumplių nedarbinių paviršių (4.1 pav.).

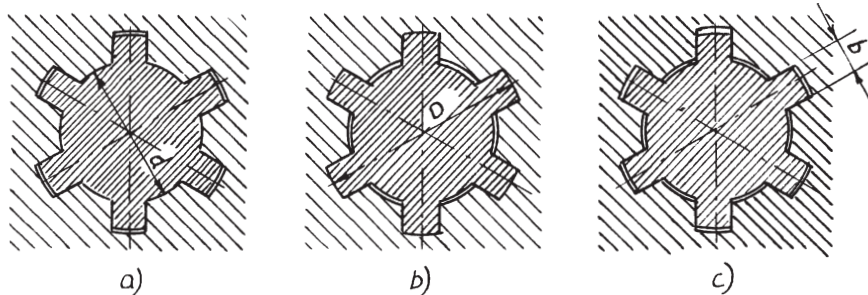
Šoninis tarpelis reikalingas tam, kad krumpliaračių pavariai būtų galima sudaryti normalias tepimo sąlygas, kompensuoti temperatūrines deformacijas, surinkimo paklaidas ir kt. Nepriklausomai nuo krumpliaračių tikslumo laipsnio, standarte nustatyti šeši sujungimo tipai (4.1 lentelė), kurie nurodomi užrašo gale.

Kai šoninio tarpelio tolerancija yra kita, negu pateikta 4.1 lentelėje, tuomet ji nurodoma užrašė, pvz., 8-7-6 Ba ST SEV 641-77. Kai visos normos yra vienodo tikslumo laipsnio ir šoninio tarpelio tolerancija atitinka rekomenduojamą, krumpliaračiai gali būti pažymėti taip: 7-C ST SEV 641-77. Esant reikalui, gali būti nurodyta tarpcentrinio atstumo nuokrypos klasė (VI) ir j_{nm} reikšmė (151 μm), pvz., 8-7-6-Ba/VI-151 ST SEV 641-77.

4.2. Išdrožinių sujungimų tolerancijos ir suleidimai

Išdrožiniai sujungimai labai plačiai naudojami velenams sujungti su krumpliaračių stebulėmis ir movomis. Jais galima perduoti didelius sukimo momentus, be to, jungiamosios detalės tiksliai centruojamos. Pagal krumplių profilį išdrožiniai sujungimai skirstomi į *stačiakampius*, *evolventinius* ir *trikampius*. Stačiakampiai sujungimai turi lyginį krumplių skaičių (nuo 6 iki 20) ir centruojami trejopai: pagal išorinį skersmenį D , pagal vidinį skersmenį d ir pagal krumplių šonus b (4.2 pav.).

Centravimas pagal D rekomenduojamas nejudamiems sujungimams. Šis centravimo būdas yra paprasčiausias ir ekonomiškiausias, nes velenų reikiamas matmuo pasiekiamas šlifuojant apvalaus šlifavimo staklėmis. Centravimas pagal d naudojamas sujungimams, kai įvorė ir velenas grūdinami ir šlifuojami. Centravimas pagal b



4. 2 pav. Stačiakampio profilio išdrožinių sujungimų centravimas: a) - pagal vidinį skersmenį; b) - pagal išorinį skersmenį; c) - pagal krumplių šonus.

taikomas pavarose, kuriose sukimosi ir jėgų kryptys kinta. Išdrožiniai suleidimai su stačiakampiu profiliu atliekami skylės sistemoje. Centruojant sujungimą pagal D , nustatomi suleidimai ir tolerancijos matmenims D ir b , centruojant pagal d , - atitinkamai matmenims d ir b , o centruojant pagal krumplių šoninius paviršius, - tik matmeniui b .

Necentruojamų dydžių tolerancijos būna 11-12 kвалitetų, jų suleidimai gaunami su dideliais tarpais (ST SEV 145-75, ST SEV 188-75). Išdrožų formos ir išdėstymo paklaidos atskirai nenormuojamos.

Brėžiniuose stačiakampiai išdrožiniai sujungimai žymimi taip: pirmiausia nurodomas centravimo būdas, toliau - krumplių skaičius ir nominaliniai matmenys D , d ir b , bei jų suleidimai. Pavyzdžiui, centruojant pagal d :

$$d - 8 \times 36 \frac{H7}{e8} \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{f8},$$

čia 8 - krumplių skaičius, 36 - skersmuo d , 40 - skersmuo D , 7 - krumplio plotis, $\frac{H7}{e8}$, $\frac{H12}{a11}$, $\frac{D9}{f8}$ - suleidimai.

Necentruojamų elementų suleidimai gali būti nurodyti, pvz., centruojant pagal b : $b - 8 \times 36 \times 40 \frac{H12}{a1} \times 7 \frac{D9}{h8}$.

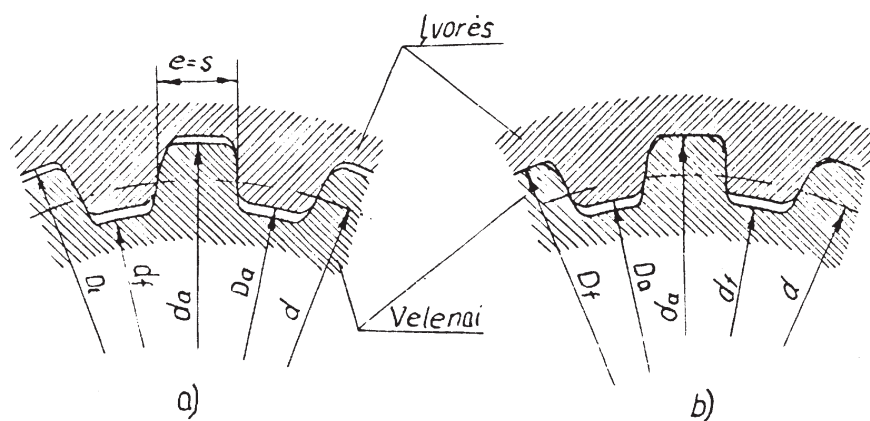
Atskiros detalės (centruojant pagal d) brėžiniuose gali būti užrašomos taip:

$$\text{velenas} \quad d - 8 \times 36 e8 \times 40 a11 \times 7 f8;$$

$$\text{skylė} \quad d - 8 \times 36 H7 \times 40 H12 \times 7 D9.$$

Evolventinio profilio išdrožiniai sujungimai naudojami, esant krumplių skaičiui nuo 6 iki 82 ir moduliui nuo 0,5 iki 10 mm.

Pagrindiniai jų parametrai ir matmenys nurodyti standartuose ST SEV 268-76, ST SEV 269-76 ir ST SEV 717-77, o tolerancijos ir suleidimai - ST SEV 259-76. Šiuose sujungimuose jungiamosios detalės centruojamos pagal krumplių šoninius



4. 3 pav. Evolventinio profilio išdrožinių sujungimų centravimo būdai

paviršius (4.3 pav., a) arba pagal išorinį skersmenį (4.3 pav., b).

Plačiausiai paplitęs pirmasis centravimo būdas. Įvorės išdrožos pločiui e nustatyta viena pagrindinė nuokrypa H 7, 9 ir 11 tikslumo laipsnių, o krumplio storiui - dešimt pagrindinių nuokrypų - a, c, d, f, g, h, k, n, p, r 7-11 tikslumo laipsnių. Suleidimai atliekami tik skylės sistemoje.

Brėžiniuose evolventiniai išdrožiniai sujungimai žymimi, nurodant nominalinį sujungimo skersmenį D , modulį m ir suleidimą. Pvz., centruojant pagal šoninius krumplių paviršius, kai $D=50$ mm, modulius $m=2$ mm: $50 \times 2 \times 9H/9g$; centruojant pagal šoninį skersmenį: $50 \times H7/g6 \times 2$.

Trikampio profilio išdrožiniai sujungimai dažniausiai naudojami vietoje presuojamųjų sujungimų, ypač kai reikia sujungti nedidelio skersmens velenėlių su spalvoto lydinio detale ar plonasiene įvore. Jų krumplių skaičius būna nuo 15 iki 70, modulius - nuo 0,3 iki 0,8 mm. Trikampio profilio išdrožiniai sujungimai nestandartizuoti, centruojami pagal krumplių šonus.

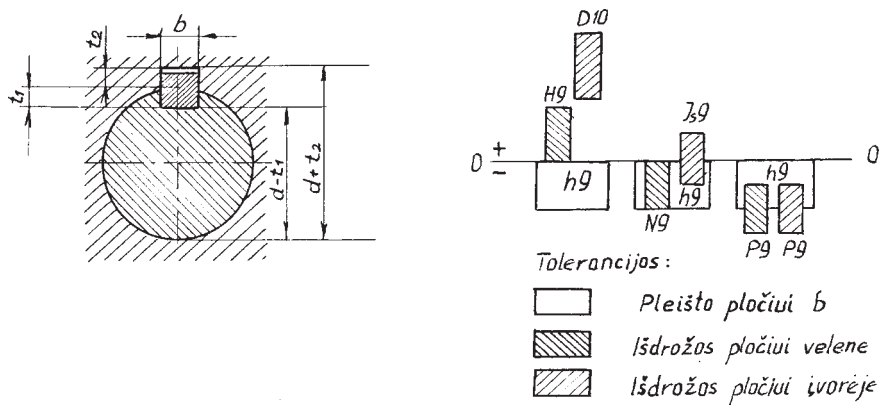
Tolerancijos ir suleidimai parenkami vadovaujantis normatyviniais dokumentais ir ST SEV 656-66 rekomendacijomis.

4.3. Pleištnių sujungimų tolerancijos ir suleidimai

Pleištai naudojami velenams sujungti su skriemuliais, movomis, rankenomis ir kitomis detalėmis, kai reikia perduoti tam tikrą sukimo momentą ir kai sujungimui nekeliama aukšti centravimo reikalavimai.

Pleištas dedamas į griovelius velene ir įvorėje (4.4 pav).

Pagal standartą ST SEV 57-73 suleidimai atliekami tik veleno sistemoje. Pleišto



4. 4 pav.

plotis gaminamas su tolerancija $h9$. Griovelių pločių tolerancijos parenkamos pagal norimą gauti sujungimo tipą: laisvą, normalų arba glaudų. Kitiems pleištinėjų sujungimų matmenims leidžiamos didelės tolerancijos (nuo 11 iki 17 kвалiteto).

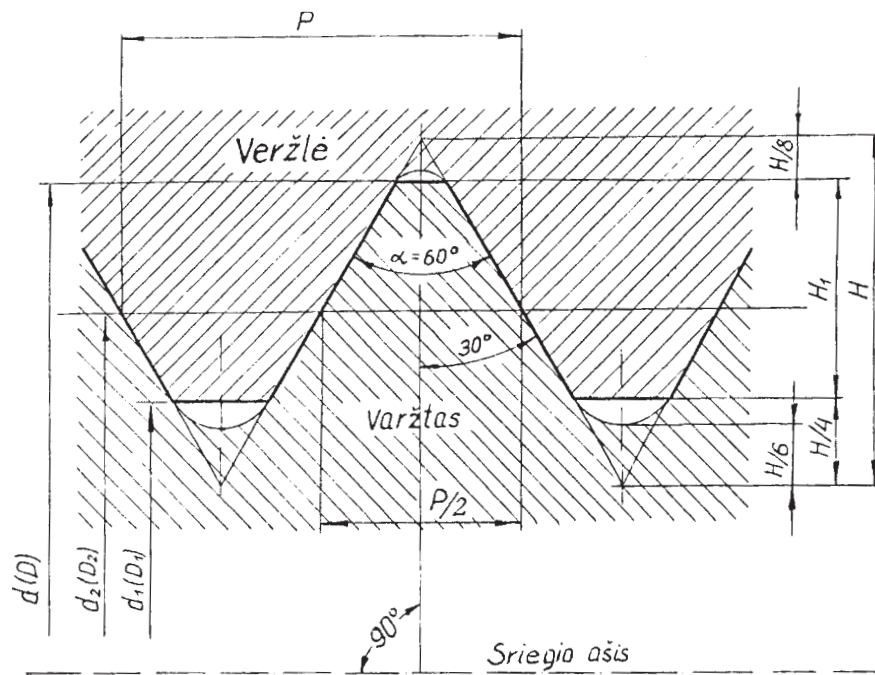
Brėžiniuose pleištiniai sujungimai žymimi nurodant detalių matmenis ir suleidimą. Pavyzdžiui, $14H9/h9$, $14D10/h9$; čia 14 - pleišto ir griovelių plotis velene ir įvorėje; $D10$ - griovelio įvorėje tolerancija.

4.4. Srieginių sujungimų tolerancijos ir suleidimai

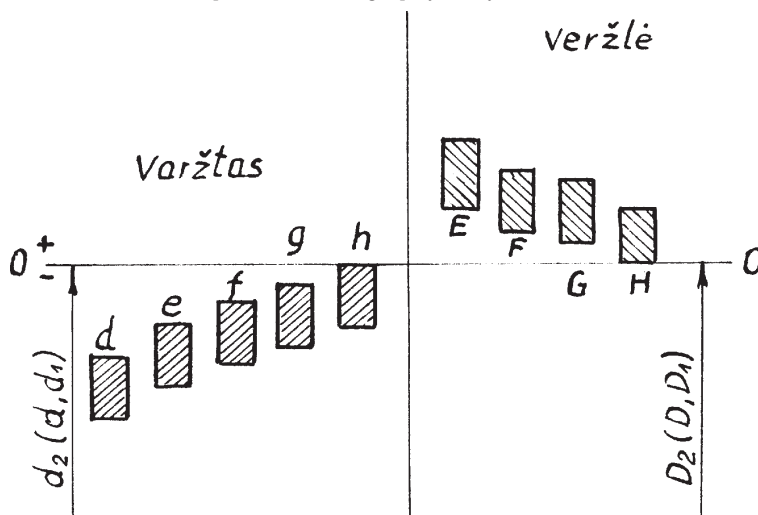
Sriegiai ir srieginiai sujungimai technikoje yra labai paplitę. Eksploataciniu požiūriu jie skirstomi į bendrosios paskirties ir specialiuosius. Detalėms tarpusavyje sujungti naudojami *tvirtinimo* sriegiai. Tiksliems judesiams perduoti naudojami sriegiai vadinami *kinematiniais*. Hermetiniai sujungimai sudaromi, naudojant *vamzdžių* sriegius. Sriegiai gali būti vienpradžiai ir daugiapradžiai, dešininiai ir kairiniai.

Sriegių geometrinių dydžių sąvokos yra nustatytos pagal standartą ST SEV 180-75 (4.5 pav.). Jos bendros išoriniam ir vidiniam sriegiams.

Sriegiams nustatyti trys skersmenys: išorinis (D , d), vidinis (D_1 , d_1), vidurinis (D_2 , d_2), žingsnis (p) ir profilio kampas (α). Metriniais sriegiams profilio kampas $\alpha = 60^\circ$, coliniams $\alpha = 55^\circ$. Kitų tipų sriegiams (trapeciniais, atraminiais ir kt.) profilio kampų reikšmės nurodytos standartuose. Pagal standartą ST SEV 640-77 sriegiams nustatyta 10 tikslumo laipsnių (nuo 1 iki 10 tikslumo mažėjimo kryptimi). Tolerancijos nurodomos ne visiems sriegių elementams. Pavyzdžiui, labiausiai paplitusiems tvirtinimo sriegiams tolerancijos nurodomos tik viduriniajam skersmeniui D_2 , d_2 (4.6 pav.).



4. 5 pav. metrinio sriegio profilis ir jo elementai



4. 6 pav.

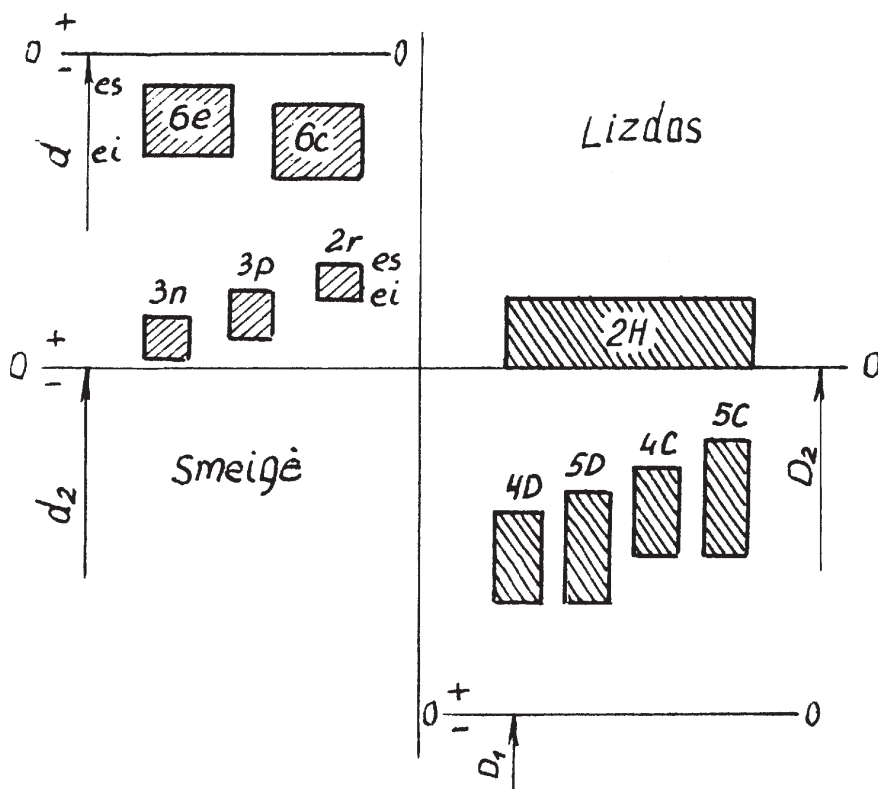
Kai sujungimams naudojamos smeigės, tolerancijos nurodomos viduriniajam D_2 , d_2 , išoriniam d ir vidiniam D_1 skersmenims (4.7 pav.).

Šiuose sujungimuose smeigė į korpusą įsukama su tam tikro dydžio įvarža. Atsukant veržlę, smeigė iš korpuso neturi išsisukti.

Brėžiniuose srieginių detalių suleidimai žymimi nurodant sriegio tipą, nominalinį matmenį, žingsnį ir suleidimą (4.2 lentelė).

Užrašant srieginį sujungimą veržlės tolerancija nurodoma skaitiklyje, varžto - vardiklyje. Kai sujungimo ilgis nestandartinis, užrašo gale nurodomas jo ilgis mm, pvz., $M12 \times 1 - \frac{6H}{6g} - 25$.

Sriegiai su įvarža brėžiniuose užrašomi nurodant skersmenį, lizdo vidurinio, vidinio skersmens tolerancijas (skaitiklyje) ir smeigės vidurinio skersmens toleranciją (vardiklyje), pvz. $M12-2H5C/3p$.



4. 7 pav.

4.2 lentelė. Sriegių žymėjimo pavyzdžiai

Sriegių tipas ir standartų Nr.	Tipo sutartinis žymėjimas	Brėžinyje nurodomi matmenys	Sriegių žymėjimo pavyzdžiai
Metrinis stambaus žingsnio, dešinysis (VST 87-81)	M	Išorinis skersmuo	M24-6H (veržlė) M24-6g (varžtas)
Metrinis smulkaus žingsnio, dešinysis (VST 8724-81)	M	Išorinis skersmuo ir žingsnis	M24 × 2-6H (veržlė) M24 × 2-6g (varžtas)
Vamzdinis cilindrinis (VST 6357-81)	G	Sutartinis sriegių matmens žymuo coliais ir vidutinio skersmens tikslumo klasė	G2-A
Trapecinis vienapradis (VST 24738-81)	Tr	Išorinis skersmuo ir žingsnis	Tr50 × 8-6H (veržlė)

Specialiųjų srieginių sujungimų matmenys ir žymėjimas nurodyti atskiruose standartuose.

Kitos sudėtingos formos detalės sudarytos iš įvairių paviršių. Jų matmenų, paviršių bei formų tolerancijos parenkamos pagal standartus ir Tarptautinės standartizavimo organizacijos (ISO) rekomendacijas.

Literatūra

1. A. Baltrimas. Inžinerinė grafika. V., Mokslo ir enciklopedijų leidykla, 1995, 344 psl.
2. Н. С. Козловский, А. Н. Виноградов. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. М., “Машиностроение”, 1982.
3. А. И. Якушев. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М., “Машиностроение”, 1979, 287 стр.

Turinys

Pratarmė	3
1. Matmenys	4
2. Suleidimai	13
3. Paviršių ir formų tikslumas	16
4. Sudėtingos formos detalių tikslumas	22
4.1. Krumpliaraičių paviršių tolerancijos	22
4.2. Išdrožinių sujungimų tolerancijos ir suleidimai	25
4.3. Pleištinųjų sujungimų tolerancijos ir suleidimai	27
4.4. Srieginių sujungimų tolerancijos ir suleidimai	28
Literatūra	31

Jonas Tiškevičius
DETALIŲ MATMENŲ, PAVIRŠIŲ IR FORMŲ TIKSLUMAS

SL 605. Tir. 150 egz. Sp. 1. 2. Užsak. Nr. 35
Maketavo, spausdino ir išleido VPU leidykla.
Kaina sutartinė