

Таблица 4.7

Пространствени отклонения при различни видове заготовки и обработване

Тип на детайла и характеристиката на схемата на базиране	Схема	Изчислителни формули
Корпусни детайли, установени по осви с успоредни осви и перпендикулярна към тях равнинна повърхнина	<p>1. Лети заготовки</p>	$\rho = \sqrt{R_{изкр}^2 + R_{изм}^2}$ $\rho = R_{изкр} + R_{изм}$ $R_{изм} = \delta$ $R_{изкр} = \Delta_{изкр} L$
Корпусни детайли, установени по равнинна повърхнина, срещуположна на обработваната		$\rho = R_{изкр}$
Ротационни детайли, установявани в самоцентриращи патронници по външна (вътрешна) дръчна повърхнина и базово чело		$\rho_D = R_{изкр} = \Delta_{изкр} D$ $\rho_d = \sqrt{R_{изкр}^2 + R_{изм}^2}$ $R_{изм} = \delta h$ $R_{изкр} = \rho_B = \Delta_{изкр} B$
Стъпални валове, лостове и други подобни с базирание по крайно стъпало	<p>II. Шамловани заготовки</p>	$\rho = \sqrt{R_{изкр}^2 + R_{изм}^2}$ $R_{изкр} = \Delta_{изкр} l$

Продължение на табл. 4.7

Тип на детайла и характеристиката на схемата на базиране	Схема	Изчислителни формули
Валове и осви при установяване между центри		$\rho = \sqrt{R_{изм}^2 + R_{изкр}^2 + R_{ц}^2}$ $R_{изкр} = \Delta_{изкр} l$ <p>при $l \leq \frac{L}{2}$</p>
Детайли от класа на дисковете с централен отвор, установявани по външна цилиндрична повърхнина и базово чело		$\rho = \sqrt{R_{изм}^2 + R_{експ}^2}$
Същото при обработване на челни повърхнини		$\rho = R_{изкр}$ $R_{изкр} = \Delta_{изкр} D$ $= D \Delta_{изкр} 2R$
При конзолно установяване в самоцентриращи патронници		$R_{изкр} = \Delta_{изкр} l$

III. Заготовки от валцован материал

Продължение на табл. 4.7

Тип на детайла и характеристиката на схемата на базиране	Схема	Изчислителни формули
При установяване между центри		$\rho = \sqrt{R_{изкр}^2 + R_{ц}^2}$ $R_{изкр} = \Delta_{изкр} \frac{l}{2}$ <p>при $l \leq \frac{L}{2}$</p>
VI. Изработване на центровъчни отвори		$R_{ц} = 0,25 \text{ mm}$
При установяване на призми с едностранно закрепване		$R_{ц} = \sqrt{\frac{\delta_0^2}{2} + 0,25^2}$ <p>(при $\alpha = 90^\circ$)</p> $R_{ц} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{3} + 0,25^2}$ <p>(при $\alpha = 120^\circ$)</p>
Детайли от всички класове при обработване на отвори в неподвижен детайл	<p>V. Свердловане на отвори</p>	$\rho = \sqrt{C_0^2 + (\Delta_{изкр} l)^2}$

На схемата в таблицата векторите $R_{изкр}$ и $R_{изм}$ са показани като колинеарни, но се препоръчва те да се сумират като случайни независими величини, тъй като вероятността да участват с най-големите си стойности е малка. За по-голяма сигурност може да се приеме алгебрично сумиране на векторите.

При базиране на заготовката по равнина, срещуположна на обработваната, сумарното пространствено отклонение се определя само от изкривяването като произведение на специфичното изкривяване $\Delta_{изкр}$ и на най-големия размер L на повърхнината.

При леги заготовки за ротационни детайли, установени по външни повърхнини, пространственото отклонение $\rho_0 = R_{изкр}$ се определя като произведение на специфичното изкривяване и съответния диаметър на отливката. Ако базирането е по отвор с диаметър d , трябва още да се отчита и изместването на отвора спрямо външната повърхнина на отливката. Стойността на изместването може да се приеме равна на допуса δ_n за дебелината на стената. Тъй като двата вектора не са колинеарни, те се сумират векторно. Стойностите на специфичното изкривяване се избират от табл. III.15. За последните два случая, както и за корпусни детайли, базирани по отвори, стойността на специфичното изкривяване $\Delta_{изкр}$ се приема една и съща.

При чела на леги ротационни детайли пространственото отклонение на обработваната повърхнина представлява изкривяване и то се определя аналогично на посочените случаи, като размерът на повърхнината е нейният диаметър.

При цилиндрични повърхнини на детайли от класа на стъпалните валове и установяване в патроник сумарната стойност на пространственото отклонение се получава като вероятностна сума на изкривяването на обработваната повърхнина и изместването и спрямо базовата. За точно определяне на $R_{изкр}$ трябва да се използват стойности за $\Delta_{изкр}$ от табл. III.15.

При щамповани заготовки, установени между центрове, пространственото отклонение се определя чрез вероятностно сумиране на три вектора: $R_{изм}$, $R_{изкр}$ и $R_{ц}$, където $R_{ц}$ отчита грешката при изработването на центровъчните отвори.

За заготовки от класа на дисковете с щампован отвор, установявани по външна повърхнина, сумарното пространствено отклонение за отвора се получава чрез вероятностно сумиране на векторите $R_{изм}$ и $R_{експ}$, чиито стойности се избират от табл. III.16 и табл. III.17.

При заготовки от валцован материал пространственото отклонение се определя аналогично на посочените случаи, като специфичното изкривяване се избира от табл. III.15, а грешката при изработването на центровъчните отвори — в зависимост от начина на установяването. При установяване в самоцентриращи се призми тази грешка се приема $R_{ц} = 0,25 \text{ mm}$, което представлява точността на настройването на технологичната система. При установяване в неподвижни призми трябва да се отчита грешката от базирането, която се сумира вероятностно с $0,25 \text{ mm}$.

При обработване на отвори в неподвижни заготовки пространственото отклонение се формира от изместването C_0 на оста на отвора спрямо номиналното му положение и изкривяването $\Delta_{изкр} l$

на оста на отвора, което съпътства този технологичен преход. Стойности за двете съставни на пространственото отклонение са дадени в табл. III.18.

След изпълнението на съответни операции за обработване пространствените отклонения от предшествуващата операция не се отстраняват напълно, а се „копират“ в намален мащаб, което някои автори наричат „технологична наследственост“. Големината на останалата част от пространственото отклонение се наричат „остатъчно пространствено отклонение“ и се означава с $\rho_{ост}$.

При разработването на курсовия проект за определянето на междинните прибавки може с достатъчна за практиката точност да се използва формулата

$$\rho_{ост} r = k_y \rho_{заг} \text{ шп}, \quad (4.1)$$

където k_y е коефициентът на уточняване.

Стойностите на коефициентите на уточняване за различни заготовки и технологични преходи могат да се приемат следните: — еднократно и грубо струговане на шамповани заготовки, заготовки от валцован материал и предварително шлифоване на валцован материал с 10 и 11 клас на точност — 0,06; — получисто обработване на заготовки от валцован материал, шамповани заготовки, разсвределоване на отвори, изместване на осите на отвори след грубо обработване — 0,05;

— чисто струговане на заготовки от валцован материал с обикновена точност, шамповани заготовки, след първия технологичен преход при обработването на лети заготовки, след чисто шлифоване на валцован материал с 10 и 11 клас на точност — 0,04; — двукратно обстъргване на калиброван валцован материал или двукратно шлифоване на струговани заготовки — 0,02; — получисто обработване (зенкерование и грубо райберование) на отвори — 0,005;

— чисто обработване — райберование на отвори — 0,002. При обработване на челни повърхнини на шамповани заготовки с централен отвор остатъчното изкривяване се определя по формулите:

$$\rho_{ост} = 1,2 [0,06 \rho_{изкр} + 0,15 (R-r)] \text{ шп}; \quad (4.2)$$

$$\rho_{ост} = 1,1 [0,003 \rho_{изкр} + 0,1 (R-r)] \text{ шп}; \quad (4.3)$$

$$\rho_{ост} = 0,003 \rho_{изкр} + 0,1 (R-r) \text{ шп}, \quad (4.4)$$

където R и r са радиусите на външната повърхнина и отвора, шп. Грешката на установяването ϵ_y за прехода, за който се смята прибавката, се определя по формулата

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_3^2}, \quad (4.5)$$

където ϵ_6 е грешката от базирането;

ϵ_3 — грешката от закрепването.

Грешката от базирането се получава при несъвместване на технологичната и измервателната база. Формули за пресмятане на ϵ_6 са дадени в табл. 4.8. Грешката от закрепването ϵ_3 се получава в резултат от: преместване на обработваната повърхнина от действието на закрепващата сила, деформации на повърхнината от тази сила и за разсейване на контактните деформации в опорите, което се получава от разсейването на големината на закрепващата сила. Грешките от закрепването се определят експериментално или могат да се ползват стойностите, дадени в табл. III.19 до III.22.

Когато грешките от базирането и закрепването са колинеарни вектори, както и при обработването на равнини, успоредни на технологичната база, сумирането им става алгебрично:

$$\epsilon_y = \epsilon_6 + \epsilon_3. \quad (4.6)$$

При работа на многопозиционни приспособления и машини във формулата за пресмятане на ϵ_y трябва да се въведе още $\epsilon_{пр}$ и тогава тя добива вида

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{пр}^2}, \quad (4.7)$$

където $\epsilon_{пр}$ е грешката в положението на заготовката, получена от грешката на позиционирането. Препоръчва се големината на тази грешка да се избира 0,05 шп.

Пример. Последователността на работа при пресмятане на прибавките за обработване се илюстрира с пример (фиг. 2.48), в който са включени цилиндричната повърхнина $\varnothing 38 J_6$ и челната повърхнина на лагерната шийка с размер $178,4^{+0,2}$ шп. Пресмятането се извършва с помощта на табл. 4.9, в която е показано как трябва да се записват повърхнините, операциите и преходите.

1. Цилиндрична повърхнина $\varnothing 38 J_6$

Елементите на прибавката R_z и T за заготовката се избират от табл. III.13 като се отчита, че заготовката е от 2-ра група на точност и с маса 3,650 kg, за които $R_z = 150 \mu\text{m}$ и $T = 250 \mu\text{m}$.

Пространственото отклонение на заготовката се определя според табл. 4.7 по формулата

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{изм}^2 + \rho_{изкр}^2 + \rho_{ц}^2}$$

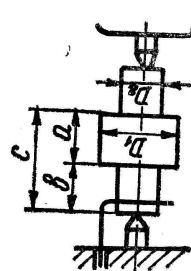
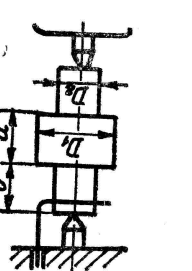
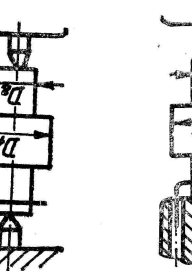
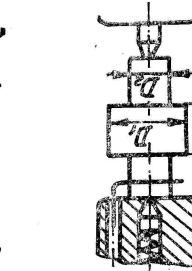
От табл. III.17 $\rho_{изм} = 0,7$ шп; $\rho_{изкр} = \Delta_{изкр} l = 0,8 \cdot 55 = 44 \mu\text{m} \approx 0,05$ шп.

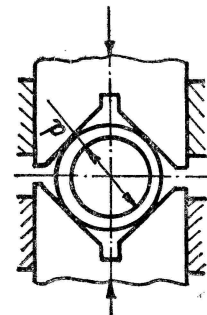
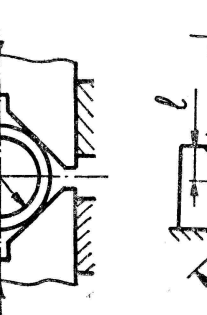
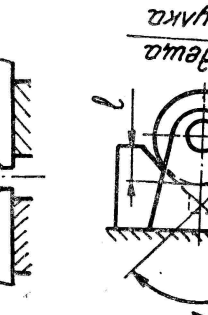
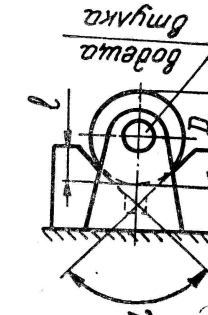
Прието е $l = 55$ шп като разстояние до по-близката опора, а стойността $\Delta_{изкр} = 0,8 \mu\text{m}/\text{шп}$ е избрана от табл. III.15 за шампована заготовка, подложена на термично обработване. $\rho_{ц} = 0,25$ шп е избрано от табл. 4.7 за установяване на първата операция в самоцентриращи призми.

След заместване на така определените стойности се получава

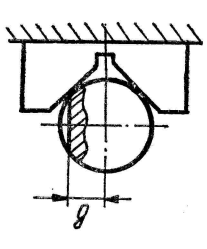
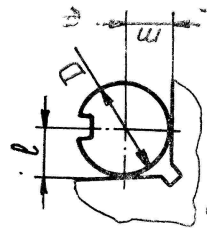
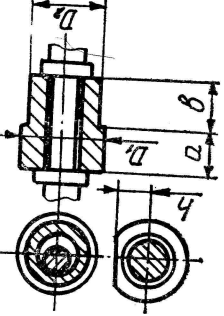
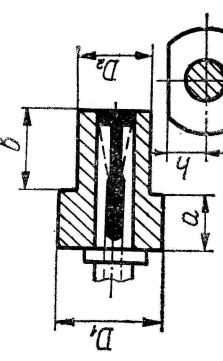
$$\rho_{заг} = \sqrt{0,7^2 + 0,05^2 + 0,25^2} = \sqrt{0,555} = 0,75 \text{ шп}.$$

Грешки от базирането при установяване в приспособления

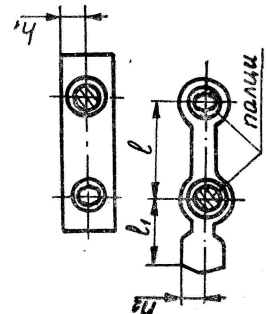
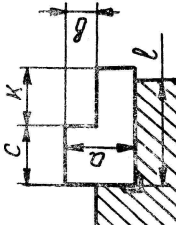
Базиране	Схема на базирането	Грешка от базирането ϵ за размерите
1 По центровъчни отвори на неподвижен преден център		$\epsilon_{D_1} = 0; \epsilon_c = \Delta_{\text{ц}};$ $\epsilon_b = \Delta_{\text{ц}};$ $\epsilon_a = 0; \epsilon_{D_2} = 0$
на плаващ преден център		$\epsilon_{D_1} = 0; \epsilon_b = 0;$ $\epsilon_a = 0; \epsilon_{\text{ц}} = 0$ $\epsilon_{D_2} = 0;$
По външна повърхнина: в цангов патронник по органичител		$\epsilon_D = 0; \epsilon_L = 0$
в самоцентриращ патронник с ограничител по чело		$\epsilon_D = 0; \epsilon_d = 0;$ $\epsilon_a = 0; \epsilon_b = 0$

1	2	3
в самоцентриращи призми		$\epsilon_d = 0; \epsilon_e = 0^{***}$
в призма при обротване на отвор по водеща втулка		$\epsilon_e = \frac{\delta D^{***}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$
на равнина по-върхна при обротване на отвор по водеща втулка		$\epsilon_e = \frac{\delta D^{***}}{2}$
в призма при обротване на равнина на повърхнина или канал		$\epsilon_h = \frac{\delta D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right);$ $\epsilon_n = \frac{\delta D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right);$ $\epsilon_m^{***} = \frac{\delta D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$

Продължение на табл. 4.8

1	2	3
<p>същото</p>		<p>$\epsilon_b = 0$</p>
<p>същото</p>		<p>$\epsilon_e = \frac{\delta_D}{2}; \epsilon_m = 0$</p>
<p>По отвор; на дорник със слобка с хлабина</p>		<p>$\epsilon_{D_1} = x_{\min} + \delta_B + \delta_A;$ $\epsilon_{D_2} = x_{\min} + \delta_B + \delta_A;$ $\epsilon_h = x_{\min} + \delta_B + \delta_A$ При установяване на дорника на плаващ преден център, в цапга или патронник по ограниченител</p> <p>$\epsilon_a = 0; \epsilon_b = 0$</p>
<p>на раздвижен дорник; на дорник със стегнатост</p>		<p>При базиране на дорника на неподвижен преден център</p> <p>$\epsilon_b = 0; \epsilon_a = \Delta_c;$ $\epsilon_{D_2} = 0;$ $\epsilon_{D_1} = 0; \epsilon_h = 0;$ $\epsilon_b = \delta_a; \delta_a = 0$</p>

Продължение на табл. 4.8

1	2	3												
<p>по два отвора на дорници (палци) при обработване на горната повърхнинна</p>		<p>$\epsilon_{h_1} = x_{\min} + \delta_B + \delta_A;$ $\epsilon_{h_2} = (x_{\min} + \delta_B + \delta_A) \times \left(\frac{2l+1}{l} \right)$</p> <p>$\epsilon_b = \epsilon_a; \epsilon_h = \delta_e;$ $\epsilon_c = 0$</p>												
<p>По равнинна повърхнина при обработване на стъпалото</p>														
<p>*Δ_c е осовата грешка на центровъчните отвори. Стойностите на Δ_c се приемат следните:</p>														
<table border="1"> <tr> <td>Най-голям диаметър на центровъчния отвор, mm</td> <td>1; 2; 2,5</td> <td>4; 5; 6</td> <td>7; 5; 10</td> <td>12; 5; 15</td> <td>20; 30</td> </tr> <tr> <td>Осова грешка на центровъчните отвори Δ_c, mm</td> <td>0,11</td> <td>0,14</td> <td>0,18</td> <td>0,21</td> <td>0,25</td> </tr> </table> <p>**ϵ — изместването по оста на отвора спрямо оста на външната повърхнина (отклонение от концентричност); δ_D — допускът на диаметъра на външната повърхнина; ***x_{\min} — минималната гарантирана хлабина; δ_A — допускът на размера на базовия отвор; δ_B — допускът на размера на дорника (палеца).</p>			Най-голям диаметър на центровъчния отвор, mm	1; 2; 2,5	4; 5; 6	7; 5; 10	12; 5; 15	20; 30	Осова грешка на центровъчните отвори Δ_c , mm	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25
Най-голям диаметър на центровъчния отвор, mm	1; 2; 2,5	4; 5; 6	7; 5; 10	12; 5; 15	20; 30									
Осова грешка на центровъчните отвори Δ_c , mm	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25									

За грубо струговане стойностите за качеството на повърхнината се избират от табл. 1.2 I, съответно $R_z = 80 \mu\text{m}$ и $T = 80 \mu\text{m}$. Тези стойности са приети като средни от зададените в таблицата.

Остатъчното пространствено отклонение ще бъде

$\rho_{\text{ост}} = 0,06 \cdot 750 = 45 \mu\text{m}$.

Грешката от установяването на всички операции се приема $\epsilon_u = 0$, тъй като $\epsilon_6 = 0$ (табл. 4.8) и $\epsilon_3 = 0$ (табл. III.19).

За чисто струговане стойностите на елементите на прибавката са съответно $R_z = 20 \mu\text{m}$, $T = 25 \mu\text{m}$, $\rho_{\text{ост}} = 0,04 \cdot 750 = 30 \mu\text{m}$.

Т а б л и ц а 4.9

Технологични операции и преходи за обработка на елементарната повърхнина	Елементи на прибавката, мп			Изчислена прибавка z_{im} , мп
	R_z	T	ρ	
Цилиндрична повърхнина $\varnothing 38_{js, 6/\varnothing}$ $38 + 0,011$ $-0,005$	150	250	750	—
Заготовка	80	80	45	2×1150
Струговане	20	25	30	2×205
грубо	—	—	—	2×75
чисто	—	—	—	—
Шлифване	—	—	—	—
Чело (изчислителен размер $178,4^{+0,2}$ mm)	150	250	40	—
Заготовка	80	80	—	100
Струговане	—	—	—	140
грубо	—	—	—	540
чисто	—	—	—	300

За отделните преходи стойностите за най-малката прибавка се пресмятат според табл. 4.6 по зависимостта

$$2z_m = 2[R_{z, i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}]$$

Пресметнатите стойности за прибавките са дадени в табл. 4.9.

2. Чело с *изчислен размер* $178,4^{+0,02}$ mm
За тази повърхнина се използват същите стойности за R_z и T за заготовката, тъй като се определят според масата ѝ.

Пространственото отклонение се определя като за чело на шампована заготовка по формулата

$$\rho_{изкр} = \Delta_{изкр} l = 0,8 \cdot 49 = 39,2 \approx 40 \text{ мп.}$$

За грубото подрязване от табл. 1.4 се избират $R_z = 80$ мп и $T = 80$ мп, а $\rho_{ост} = 0,06 \cdot 40 = 2,4 \approx 0$.

За грешката от установяването при установяване в самоцентриращи призми нама данни в литературата. Тъй като в случая технологичната и измервателната база съвпадат, $\epsilon_0 = 0$. За по-голяма сигурност може да се приеме $\epsilon_3 = 100$ мп, като се отнесе установяването в самоцентрираща призма към установяването в патронник, за който са дадени данни в табл. III.20.

За чистото подрязване трябва да се определи само грешката от установяването. Според табл. 4.8 и забележката към табл. III.20 грешката в осово направление трябва да се приеме $\epsilon_y = \epsilon_c = \Delta_{цл}$ (за диаметър на центровъчните отвори 4 mm).

При така определените големина на елементите на прибавката най-малката ѝ стойност се получава чрез алгебричното им сумиране (вж. табл. 4.6).

За основната част от повърхнините на детайлите, за които се разработва технологичният процес, прибавките за обработване се избират таблично. Общите прибавки за шамповани заготовки се избират от табл. III.1 и табл. III.2, за леги заготовки от табл. III.3

и за заготовки от валцован материал — от табл. III.4. Разпределението на общите прибавки по технологични преходи става, като се използват таблиците III.5 до III.12. За случаите, за които няма данни в таблиците, се избират онези стойности, които са дадени за технологични преходи (операции) не е задължително да съответствуват на зададените в таблиците, а следва да се приемат като остатък от общите прибавки, избрани по таблиците III.1 до III.4. Този подход се прилага само в случаите, когато остатъкът за грубите преходи е по-голям от табличния за съответния преход. В противен случай се избират прибавките за грубо обработване, зададени в таблиците.

4.3.2. Определяне на междинните размери и размерите на заготовките

Определените по изчислително-аналитичния метод или избраните таблично прибавки за обработване се осигуряват чрез съответни междинни размери на заготовките.

Като се отчита фактът, че при обработването размерите се получават от три вида технологични бази: опорни, настроечни и проверочни, а така също и това, че при различните операции може да се използва различно съчетание на тези бази, се доказва [9], че междинните размери и размерите на заготовките трябва да се определят чрез използването на теорията на размерните вериги.

Решаването на задачата се извършва за избраната последователност за обработване на повърхнините и приетата система на оразмеряване на операционните схеми. Затварящо звено на размерната верига, по която се определят размерите, е прибавката за обработване z , тъй като тези размери имат предназначението именно да осигурят необходимата прибавка. Размерните вериги, които се решават в случая, са с успоредни звена и характеристиките на затварящото звено-прибавка се определят от следната система уравнения:

$$z = \sum_{i=1}^{n-1} \xi_i A_i; \tag{4.8}$$

$$\delta z_i = \sum_{i=1}^{n-1} \delta_{0i} A_i; \tag{4.9}$$

$$\Delta_{0z} = \sum_{i=1}^{n-1} \xi_i \Delta_{0i}, \tag{4.10}$$

където z е номиналната големина на общата прибавка, mm; A_i — номиналните големина на съставните звена на раз-

глежданата размерна верига, шпш,
 ξ_i — предавателните отношения на съставните звена, които за увеличаващите звена са +1, а за намаляващите — -1;

δ_z, δ_{A_i} — допуските на прибавката и на съставните звена, шпш;
 $\Delta_{oz}, \Delta_{oA_i}$ — средните отклонения на допускските полета на прибавката и на съставните звена, шпш,
 n — броят на звената на размерната верига, включително и затварящото.

Неизвестните в горната система са шест — номиналната стойност, допускът и средното отклонение на Допусковото поле за междинната прибавка и търсеният междинен размер. Решаването на задачата става в следващата методична последователност:

1. Определя се допускът на търсения междинен размер, като се използват таблиците I.2, I.3 и I.4, а за заготовките, — според метода на получаването им. Допусковите полета на размерите с неозначени допуск, затворени между обработени и необработени повърхнини, се избираят по 15 ÷ 17 клас на точност и се разполагат симетрично спрямо номиналния размер [12].

За първите операции от технологичния маршрут, когато обработваната повърхнина е координирана от груба (опорна) технологична база, допускът се определя по формулата [34]

$$\delta = \frac{\delta_{заг} + \delta_{обр}}{2},$$

където $\delta_{заг}$ е допускът на заготовката;
 $\delta_{обр}$ — допускът на обработваното, който се приема според класа на точност на технологичния преход.

Допуските на шамповани заготовки се определят, като се отчитат [10] следните фактори: недошамповане $Нед$, допустимо износване на формообразуващите кухини на шампата $И_{ш}$, колебание на свиването на заготовките за температурния интервал на шамповането $Кс$ и елемент на допуса, независещ от недошамповането и износването на шампата, $Нез$. Различните размери на шампованите заготовки по различен начин зависят от изброените фактори.

Допуските на размерите, зависещи от недошамповането и двустранното износване на шампата (размерите A на фиг. 4.7), се определят по формулата

$$(4.11)$$

$$\delta = Нед + I_{ш} + Kс,$$

при това горното гранично отклонение (в плюс) е

$$(4.12)$$

$$\Delta_{oS} = Нед + 0,5Kс,$$

$$(4.13)$$

а долното гранично отклонение (в минус) —
 $\Delta_{oI} = I_{ш} + 0,5Kс.$

Допуските на размерите на вдлъбнати части и на отвори (размерите D и A) се пресмятат по форм. (4.11) при горно гранично отклонение (в плюс)

$$(4.14)$$

$$\Delta_{oS} = I_{ш} + 0,5Kс,$$

$$(4.15)$$

а долното отклонение (в минус)

$$\Delta_{oI} = Нед + 0,5Kс.$$

Допуските на външни размери на повърхнините, зависещи от едностранично износване на шампата (успоредни на разделителната повърхнина на шампата — размерите B на фиг. 4.7), се определят по формулата

$$(4.16)$$

$$\delta = 0,5(Нед + I_{ш}) + Kс,$$

при това горното гранично отклонение (в плюс) е

$$(4.17)$$

$$\Delta_{oS} = 0,5(Нед + Kс),$$

а долното гранично отклонение (в минус)

$$(4.18)$$

$$\Delta_{oI} = 0,5(I_{ш} + Kс).$$

За вътрешни повърхнини в този случай (размерите B) горното отклонение (в плюс) е

$$(4.19)$$

$$\Delta_{oS} = 0,5(I_{ш} + Kс),$$

$$(4.20)$$

а долното отклонение (в минус)

$$\Delta_{oI} = 0,5(Нед + Kс).$$

Допуските на размерите, определящи разстоянието между оси на изпъкнали части или други елементи, които не се включват в периферията на заготовката и са независещи от износването на шампата (размерите B) и на размерите, зависещи от едностранично равномерно износване на шампите (размерите Γ), се определят по формулата

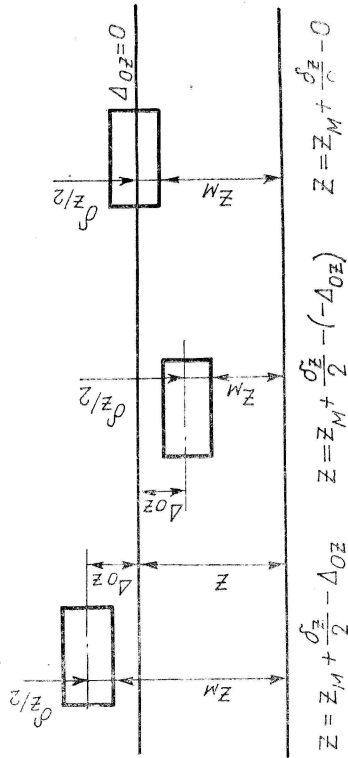
$$(4.21)$$

$$\delta = Нез + Kс.$$

При това граничните отклонения са еднакви и се определят

$$\Delta_{oS} = \Delta_{oT} = 0,5 (H_{eZ} + K_c). \quad (4.22)$$

Стойностите на елементите на допуските H_{eZ} и I_m са дадени в табл. III.23, а за H_{eZ} — в табл. III.24. Колебанието на свиването се приема $K_c = 1,0 \mu\text{m}/\text{mm}$. Изчислените стойности на допус-



Фиг. 4.8

ките се закръгляват до 0,1 mm за шамповки от 1-ва и 2-ра група на точност и до 1,0 mm — за 3-та група на точност.

Допуските на размерите на лети заготовки се избират от табл. I.12. Допуските на диаметралните размери на заготовки от валцован материал се избират по табл. I.5. Същите данни се отнасят и за квадратен и шестостънен валцован материал с размери, равни на диаметъра на кръглия. За детайли с необработени повърхнини точността на валцования материал се избира според зададена от конструктора точност.

2. Избира се или определя средното отклонение на допусковото поле на междинния размер, като се имат пред вид следните препоръки:

- за осови размери $\Delta_{oA_i} = 0$;
- за отвори и размери, затворени между две вътрешни рав-

нинни повърхнини $\Delta_{oA_i} = \frac{\delta_{A_i}}{2}$;

— за валове и размери, затворени между две външни повърх-

нини $\Delta_{oA_i} = -\frac{\delta_{A_i}}{2}$.

3. Изчислява се допускът на междинната прибавка по форм. (4.9)
4. Изчислява се средното отклонение на допусковото поле на междинната прибавка, като се използва форм. (4.10).
5. Изчислява се (табл. 4.9) или избира най-малката стойност на междинната прибавка.

6. Изчислява се номиналната стойност на междинната прибавка по зависимостта

$$z = z_M + 0,5 \delta_z - \Delta_{oZ}, \quad (4.23)$$

където средното отклонение на допусковото поле на междинната прибавка се взема със знака си (вж. фиг. 4.8).

7. Изчислява се номиналната стойност на междинния размер от уравн. (4.8), в което единственото неизвестно е междинният размер.

8. Определят се граничните отклонения на междинния размер по системата

$$\Delta_{oS_{A_i}} = \Delta_{oA_i} + 0,5 \delta_{A_i}; \quad (4.24)$$

$$\Delta_{oI_{A_i}} = \Delta_{oA_i} - 0,5 \delta_{A_i}. \quad (4.25)$$

За прегледност на решението е целесъобразно то да се представи в табличен вид, както е показано в табл. 4.10. Операциите и преходите се записват в последователност, обратна на технологичната, т. е. започва се с последния технологичен преход.

Последователността на работа при решаване на задачата за определяне на междинните размери и размерите на заготовката се илюстрира с примера за получаването на осовите размери за първия технологичен маршрут (фиг. 4.1). Аналогично се работи и за други размери на детайлите и заготовките.

За решаването на задачата е необходимо да се разполага с оразмеряване на заготовката. За разглеждания пример оразмеряването на заготовката е прието да става от аналогични базови повърхнини, от които е оразмерен и детайлът. На фиг. 4.9 е дадено оразмеряването на заготовката, като размерите за пределност са означени с B , но те трябва да се записват в колоната A_i на табл. 4.10.

Методиката на работа за определяне на междинните размери се изяснява за размера A_5 от операция Z — стругване грубо. Размерът A_5 се определя по размерната верига, дадена в табл. 4.10. Загварящо звено на тази верига е междинната прибавка z_8 .

1. Допусъкът на търсения междинен размер A_5 се избира от табл. I.4 за подраване грубо, 12-и клас на точност, размер от 80 до 180 mm — $\delta_{A_5} = 0,46$ mm.

2. Средното отклонение на този размер като осове $\Delta_{oA_5} = 0$.

3. Допусъкът на междинната прибавка z_8 по форм. (4.9) е

$$\delta_{z_8} = \delta_{A_5} + \delta_{A_8} + \delta_{A_9} = 0,46 + 0,4 + 0,52 = 1,38 \text{ mm},$$

където допуските за размерите A_8 и A_9 са съответно: за първия от чертежа на детайла, а за втория — по 14-и клас на точност като размер с неозначен допуск (свободен размер).

4. Средното отклонение на допусковото поле на прибавката z_8 по форм. (4.10) ще бъде

$$\Delta_{oZ_8} = \Delta_{oA_5} - (\Delta_{oA_8} + \Delta_{oA_9}) = 0 - (-0,2 + 0) = 0,2 \text{ mm}.$$

5. Най-малката стойност на междинната прибавка z_{8M} се избира от табл. III.11 за чисто подраване за размер 120 — 260 mm и (най-голям размер на челото) диа-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
За- ТОБ ТОБ КА		III ламповане		I ламповане		II ламповане		III ламповане		IV ламповане		V ламповане		VI ламповане			
A ₁ z ₆		B ₅ z ₁		B ₃ z ₂		B ₆ z ₃		A ₁ z ₆		B ₅ z ₁		B ₃ z ₂		B ₆ z ₃			
1,5 0		2,5 -0,45		0,5 0		2,6 -0,4		1,5 0		2,5 -0,45		0,5 0		2,6 -0,4			
2,3 2,56		4,0		1,9		9,2		2,3 2,56		4,0		1,9		9,2			
0		-0,45		5,1		0,05		0		-0,45		5,1		0,05			
3,58		4,75		4,90		7,05		3,58		4,75		4,90		7,05			
185,48		190,25		17,65		273,95		185,48		190,25		17,65		273,95			
0,75		0,8		0,25		0,9		0,75		0,8		0,25		0,9			
-0,75		-1,7		-0,25		-1,7		-0,75		-1,7		-0,25		-1,7			
185,5 ± 0,75		190,3 ± 0,8		17,65 ± 0,25		274 ± 0,9		185,5 ± 0,75		190,3 ± 0,8		17,65 ± 0,25		274 ± 0,9			

Продължение на табл. 4.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
II Сгруппиране		I Поливане		I Поливане		I Поливане		I Поливане		I Поливане		I Поливане		I Поливане			
A ₇ z ₁₁		A ₄ z ₁₃		A ₃ z ₉		A ₃ z ₉		A ₃ z ₉		A ₃ z ₉		A ₃ z ₉		A ₃ z ₉			
0,3 0		0,4 0		0,6 0		0,6 0		0,6 0		0,6 0		0,6 0		0,6 0			
1,0 1,98		1,3 3,36		1,0 1,12		1,0 1,12		1,0 1,12		1,0 1,12		1,0 1,12		1,0 1,12			
0,15		-0,2		0		0		0		0		0		0			
1,84		3,18		1,56		1,56		1,56		1,56		1,56		1,56			
45,85		147,78		17,44		17,44		17,44		17,44		17,44		17,44			
0,15		0,2		0,3		0,3		0,3		0,3		0,3		0,3			
-0,15		-0,2		-0,3		-0,3		-0,3		-0,3		-0,3		-0,3			
45,85 ± 0,15		147,78 ± 0,2		17,44 ± 0,3		17,44 ± 0,3		17,44 ± 0,3		17,44 ± 0,3		17,44 ± 0,3		17,44 ± 0,3			

Продължение на табл. 4.10

1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

При определянето на размера B_5 на заготовката съставно звено на размерната верига е размерът A_1 , който се получава от груба база. Допускът на този размер е

$$\delta_{A_1} = \frac{\delta_{F_5} + \delta_{\text{обр}}}{2} = \frac{2,5 + 0,46}{2} = 1,48 \approx 1,5 \text{ mm,}$$

където $\delta_{\text{обр}}$ е допускът на технологичния преход подравняване грубо на операция 1. Анализът на табл. 4.10 показва, че за някои от преходите се получават стойности на прибавките за обработване, много по-големи от препоръчаните. Напр. за прибавката Z_3 , която е за чисто подравняване, най-малката ѝ стойност таблично е 1,0 mm, а най-голямата, получена от пресмятанята — около 6 mm. Полученото е резултат на неспазването на принципа за единство на базите, водещо до дълги размерни вериги, по които се осигурява прибавката. В разглеждания пример неспазването на принципа за единство на базите е прието и с учебна цел. При курсовото проектиране стремежът трябва да бъде такъв случая да се допускат при невъзможност за друго решение.

4.4. ИЗБИРАНЕ НА МАШИНИТЕ, ИНСТРУМЕНТИТЕ И СХЕМИТЕ НА ПРИСПОСОБЛЕНИЯТА

Най-общите характеристики на машините, инструментите и приспособленията, необходими за осъществяване на проектирания технологичен процес, се изясняват в етапа на разработване на последователността и съдържанието на операциите. Конкретният избор на тези елементи на технологичната система се извършват след задълбочен анализ и сравняване на характеризиращите ги показатели в съответствие с конструктивните особености на обработвания детайл и технологичните и организационните изисквания при неговото изработване.

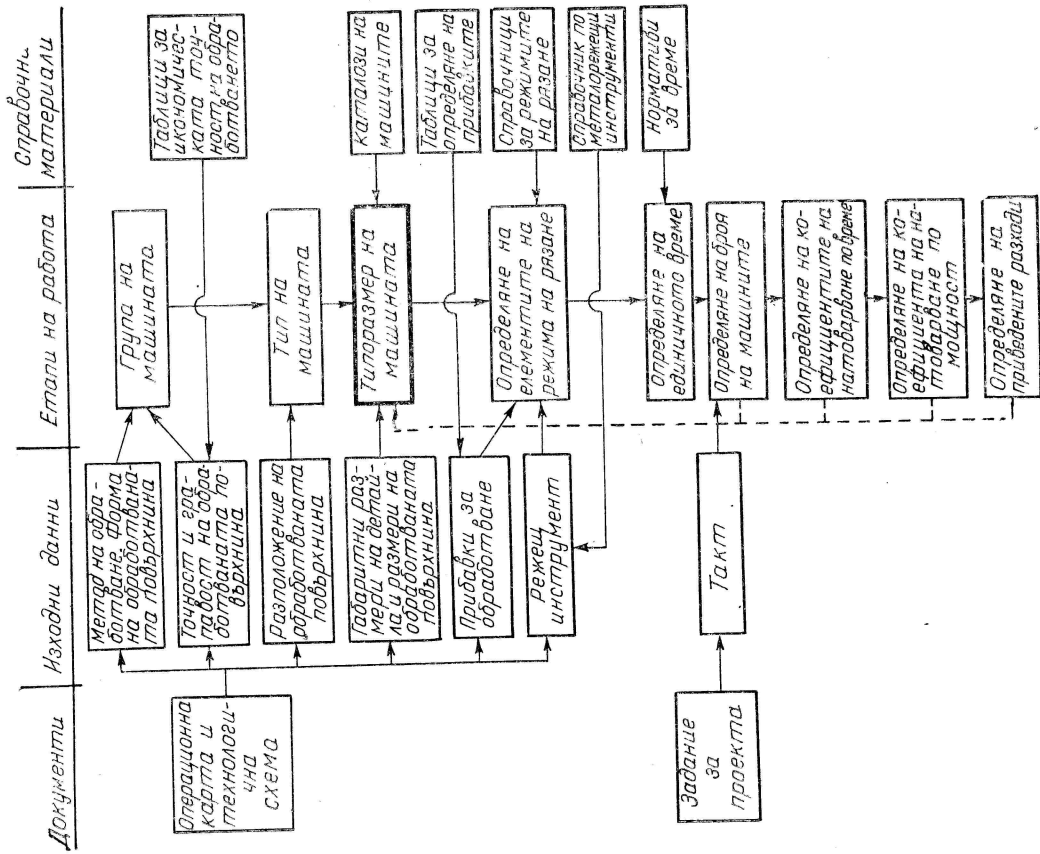
4.4.1. Избиране на машините

Последователността за извършване на целсъобразен избор на металорежеща машина за изпълнение на дадена операция е представена в схематичен вид на фиг. 4.10.

Първоначалният избор на конкретната машина се извършва в зависимост от:

- приетия метод за обработване на дадена повърхнина или съчетание от повърхнини;
- техническите изисквания към обработваните повърхнини (точност на размерите, формите, взаимното разположение и грапавостта на повърхнините);
- габаритните размери на обработвания детайл;
- годишната производствена програма (типа на производство);
- големината на прибавките;
- особените технологични и други условия, като удобство за вграждане в технологична линия, изискване за определена степен на автоматизация, универсалност и др.

Уточнявайки тези изходни условия, студентът трябва да се ориентира към дадена група машини, които са в състояние да ги удовлетворят в най-голяма степен. Големият разнообразие на ме-



Фиг. 4.10

талорежещите машини изисква правилно да бъдат преценени и използвани техните възможности, обусловени от конструктивното им решение, степенна на специализация и пр.

Машините с общо предназначение имат твърде широка област на използване. Високата степен на универсалност осигурява голяма маневреност при осъществяване на различни технологични процеси, поради което са подходящи за условията на единично и серийно производство. Възможно е въграждането им в поточни линии при голяма диференциация на операциите. Недостатък е по-ниската им производителност поради големият спомагателно време и ограничените възможности за припокриване на отделните преходи. Към тези машини се отнасят универсалните стругове и фрезови машини, пробивните, пробивноразстъргвачите, шлифовъчните машини и др.

При големи производствени програми е подходящо използването на високопроизводителни машини. Те имат сравнително по-ограничени възможности от универсалните, но благодарение на по-малката си податливост, голямата мощност и възможността за едновременна работа на голям брой режещи инструменти са значително по-производителни. Към тях се отнасят: многожовите и многовретенните стругове; струговете полутомати и автомати (едновретенни и многовретенни); многовретенните фрезови машини; кръглошлифовъчните машини, работещи с напречно подаване; зъбообработващите машини с многожови глави и пр. Машините от този вид изискват значителен разход от подготвително-заклучително време, свързано с настройването на инструментите и регулирането на различни механизми. Използването им е ефективно в едросерийното и масовото производство.

Специалните машини се предвиждат за високопроизводително обработване на конкретни детайли или характерни технически повърхнини. Изграждат се от нормализирани агрегатни елементи или на основата на серийно произведени машини, в които се внасят някои конструктивни изменения (допълнителни вретенни глави, подвижни маси и др.), увеличаващи производителността им. Проектирането и изработването на такива машини се извършва по специална заявка в единични бройки, поради което тяхната стойност е твърде висока. Целесъобразно е използването им в условията на едросерийно и масово производство, при които се осигурява по-голямо постоянство на производствената програма, позволяваща продължителна работа без необходимост от пренастройка. Към такива решения следва да се прибегва, когато машините от другите видове не удовлетворяват в технологично отношение изискванията на проектирания технологичен процес. Типичен пример са агрегатните машини, изградени от нормализирани елементи, които се съчетават в определени комбинации в съответствие с особеностите на технологичния процес и конструкцията на обработвания детайл.

В последно време получават широко разпространение машините с програмно управление (ПУ). Те имат голяма точност, ботвания детайл.

а производителността им превишава многократно (2 до 5 пъти) тази на машините с общо предназначение. Практиката показва, че различните групи от тези машини се прилагат в масовото, серийното и единичното производство. Струговете с ПУ се използват във всички типове производство: фрезовите, пробивните и разстръгващите машини с ПУ — в серийното и единичното; шлифовните машини с ПУ — в серийното [10].

Машините с ПУ имат твърде голяма цена в сравнение с универсалните (1,2—8 пъти), но поради увеличаване и усъвършенстване на тяхното производство тя постоянно ще намалява. Отчитайки тези особености, изборът на машини с ПУ за изпълнение на дадена част от разработвания технологичен процес следва да се извърши на базата на сериозна обясновка. Целесъобразно е използването им в следните основни случаи:

1. Обработване на голям брой отвори, изискващи специално приспособление с направляващи втулки при използване на универсални машини.
2. Обработване на отвори със сложна форма по дължината си, изискващо последователна работа на няколко инструмента.
3. Необходимост от концентрация на еднотипни операции.
4. Необходимост от намаляване на спомагателното време за промяна на режимите на рязане, смяна или установяване на инструмента на размер при преминаване към обработване на друга повърхнина и пр., което се изразходва при последователно обработване на няколко повърхнини върху универсални машини.
5. Необходимост от намаляване на подготвително-заключителното време при групово обработване на детайлите.

Определянето на типоразмера (модела) на металорежещата машина се извършва чрез съпоставяне на изискванията, произтичащи от изходните данни за разработваната операция, с показателите, характеризирани техническите възможности на машината. За тази цел е необходимо да се разполага с паспортните данни на металорежещите машини от съответния тип. Основните показатели на металорежещата машина, по които се извършва изборът и за изпълнение на дадена операция, са:

— размерите, характеризирани работната зона на машината (вириалното, подавания, подавателни скорости и др.);

— точността (геометрична и кинематична) и подагливостта на машината;

— кинематичните данни на машината (честоти на въртене на вретено, подавания, подавателни скорости и др.);

— необходимостта за осъществяване на режима на рязане;

— мощността на главния и подавателния превод;

— степента на автоматизация на работните и спомагателните движения;

— габаритните размери и масите на машината;

— цената на машината.

При вземане на решение за типоразмера на машината следва да се отчетат и реалната възможност за нейното доставяне. В разработването на този етап от курсовия проект това изискване трябва да намери отражение, като се дава предимство на машините от местно производство при равни други условия, а така също и на машини, произведени в страните — членки на СИВ.

Избраният типоразмер на машината въз основа на изходните данни от операцията има в известна степен предварителен характер. Той не е достатъчно пълно обосноваван от гледна точка на необходимостта от производителност и икономичност на процеса на обработването. Още повече, че от първоначалните данни може да се окаже целесъобразно използването на няколко различни модели металорежещи машини, което налага да се направи внимателен анализ и съпоставяне на техните показатели.

Технико-икономическата обясновка на първоначално избрания типоразмер на машината се извършва в следната последователност:

1. На основата на избрания режим на рязане и пресметнатото единично време се определя необходимият брой металорежещи машини от набелязания типоразмер.

2. Определят се коефициентите на натоварване на машините, както и използването им по отношение на основното време. Тук може да се разкрие необходимостта от избирането на машини, чието използване съкращава разходите на спомагателно време.
3. Определя се коефициентът на натоварване на машината по мощност.

4. Пресмятат се приведените разходи за изпълнение на операцията.

Във всеки от тези етапи може да се коригира първоначалният избор, като се приеме подходящо решение за друг типоразмер металорежеща машина, което се проверява и обосновава по същия начин. Напр. целесъобразна би била замяната на 2—3 еднотипни полуавтомата с един многоверетен или многопозиционен. Такова решение наред с намаляване на производствената площ е в по-голямо съответствие със стремежа в масовото производство една операция да се изпълнява върху 1—2 машини.

Понякога е целесъобразно да се използва машина с по-висока производителност въпреки непълното ѝ натоварване, ако себестойността на операцията е по-ниска от тази на другата машина и с по-висок коефициент на натоварване.

Допустимо е в условията на едрoserийно и масово производство, когато няма възможност за избиране на машина с пълно използване на мощността ѝ, да се замени двигателят с по-маломощен, съобразявайки се с конструктивните особености на притежания модел.

Техническите характеристики на металорежещите машини, които се използват най-често в машиностроителното производство, са дадени в приложение IV.

Решаващият фактор за окончателния избор на машина от един или друг типоразмер, които удовлетворяват технологичните изисквания на определена операция, се явява икономичността на обработването.

Особено внимателно следва да се подходи при избора на агрегатни машини и машини с програмно управление, които имат голяма производителност, но едновременно с това и висока цена. Конструктивната схема и масата на агрегатната машина определят ориентировъчната ѝ цена, което се използва за икономическото обосноваване на приетото решение.

Възможността за използване на машини с ПУ се разкрива въз основа на анализа на първоначално разработения технологичен процес, набелязан за изпълнение върху обикновени машини. Неговата насоченост е преди всичко към елементите на спомагателното време с цел изявяване на възможностите за значителното му намаляване. Окончателният извод за целесъобразността на такова решение се прави в резултат от получената ефективност, която се определя при нормирането на операцията, в съответствие с техническата характеристика на конкретна машина с ПУ.

4.4.2. Избиране на инструментите

Приетият метод на обработване и избраната металорежеща машина за изпълнение на дадена операция до голяма степен предопределят вида и характеристиките показатели на необходимите инструменти. Но тъй като окончателният избор на машината е свързан с техните конкретни режещи качества, то приемането на един или друг типоразмер инструмент не се извършва откъснато, а е органически свързано с цялостното разработване на технологичния процес.

За изпълнението на технологичните операции и преходи се препоръчва използването на стандартни или нормализирани инструменти със съответна характеристика (размери, материал на режещата част, геометрия), която се отразява в технологичната документация. Ако за осъществяването на определена операция се изисква специален инструмент, след необходимото обосноваване на такова решение се изготвя задание за конструктивното му разработване. В този случай в технологичната документация вместо номер на стандарта или нормалата се записва „специален инструмент“.

Типът на металорежещите инструменти се определя в зависимост от метода на обработване, типа на машината, обработваната повърхнина, конфигурацията и размерите на детайла и типа на производството. Напр. различни типове стругарски ножове се използват за струговане на гладки цилиндрични повърхнини, на стъпални валове или на канали.

Докачо в условията на дребносерийното производство се прилагат инструменти с по-висока степен на универсалност, в условията на масово производство се предпочитат такива с по-голяма специализация (напр. комбинирани зенкери и райбери).

Изборът на конкретния типоразмер на инструмента се извършва в съответствие със следните основни фактори:

— технологичната характеристика и изискванията към изпълнявания преход (форма, размери, точност и грапавост на повърхнината, грубо или чисто обработване и пр.);

— типоразмера на металорежещата машина;

— големината на прибавките за обработване;

— физикомеханичните качества на материала на обработвания детайл;

— типа на производството.

Размерът, формата и точността на обработваната повърхнина влияят особено много при определянето на размерните инструменти и на тези, работещи по метода на копирането (свердела, зенкери, райбери, профилни ножове, протяжки и др.). Видът на прехода, грапавостта на повърхнината и механичните качества на обработвания материал влияят върху геометрията на инструмента. Типоразмерът на машината, изискваната точност и големината на прибавките обуславят основните размери на присъединителните повърхнини на инструментите, техните габаритни и други размерни характеристики стабилността на тези елементи на технологичната система. В табл. 4.11 са дадени максималните големини на сечението на стругарските ножове в зависимост от височината на центрите на струговете, а в табл. 4.12 — големината на напречното сечение на ножа в зависимост от дълбочината на рязане и сечението на снеманата стружка.

В зависимост от типа на производството се избират такива параметри на инструментите, които в по-голяма степен да съответствуват на условията за изпълнение на конкретен технологичен преход или да са подходящи за осъществяването на няколко прехода (напр. за грубо и чисто обработване на различни повърхнини) от операцията.

Цената на инструмента и разходите, свързани с неговата експлоатация, се включват в себестойността на операцията, заговата избирането на конкретен размер следва да се съобразява с възможността за най-пълно използване на режещите му свойства. В това отношение особено важно е правилото да се избере материалът за режещата част на инструмента, който способствува за постигане на необходимата производителност, качество и ниска себестойност на обработването. Изборът на материала за режещата част на инструмента се влияе съществено от физикомеханичните качества на обработвания материал, характера на технологичните преходи и условията на работа (стабилност на технологичната система, равномерност на прибавката и пр.).

Таблица 4.11

Размери на напречното сечение на ножа в зависимост от височината на центрите на струга

Начин на установяване на ножа	Сечение	Височина на центрите, mm				
		150	180—200	260	300	350—400
В четирипозиционен ножодържач	Правоъгълно	12×20	12×20	16×25	20×30	25×40
	Квадратно	16	16	20	25	30

Таблица 4.12

Размери на напречното сечение на ножа в зависимост от t и $t \times s$

Размери на напречното сечение, mm	Материал на режещата част на ножа		сечение на стружката $t \times s$, mm ²	дълбочина на рязане t , mm	сечение на стружката $t \times s$, mm ²	дълбочина на рязане t , mm
	твърда сплав	бързорежеща стомана				
10×16	—	—	—	—	1,5	3
12×20	—	—	—	—	2,5	4
16×25	4	6	4	6	4	5
20×30	8	10	6	10	6	6
25×40	25	18	9	18	9	7

Забележка. Данните се отнасят за стомана със $\sigma_B = 75.107$ Pa и ходни ножове с главен установъчен ъгъл 45° .

За режещата част на инструментите главно разпространение в практиката намират еднокарбидните и двойнокарбидните твърди сплави поради високите им режещи качества и сравнително ниска стойност. За чисто и фино обработване на стомани се препоръчват двойнокарбидните твърди сплави с високо съдържание на титанов карбид, а за грубите преходи, при които условията на работа са по-тежки (неравномерно и ударно нагряване, обработване на отливки и пр.) — с по-малко титанов карбид. Еднокарбидните твърди сплави се използват при обработване на чугун, цветни метали и неметални материали.

Значително разпространение получават бързосменните непрезачващи се пластинки от твърдосплавни материали, които се закрепват механично към телата на ножовете.

Минералокерамичните материали имат високи режещи показатели и се използват за чисто и получисто обработване. Голямата им крехост позволява успешно да се използват в условията на безударно нагряване и достатъчно малка стабилност на технологичната система.

Използването на инструменталните стомани (преди всичко на бързорежещите) се предпочита в следните случаи:

- когато не е възможно да се използват режещите свойства на твърдите сплави (малка мощност и недостатъчни кинематични възможности на машината, небалансиран детайл и др.);
- за изработване на сложни профилни инструменти;
- за инструменти, които работят при ниски скорости на рязане.

Естествените и изкуствените диаманти се използват като материал за режещата част на инструментите, предназначени за фино обработване на повърхнините на заготовки предимно от цветни метали и сплави, а така също и на неметални материали (ебонит, стъкло, керамика, органично стъкло и др.). Разпространени са инструменти, върху чиято режеща част е нанесен слой от диамантен прах или от друг свръхтвърд материал.

При избиране на металорежещите инструменти се ползват необходимите материали от справочната литература [35], [37], [42]. Необходимите измервателни инструменти и уреди за контролиране на детайлите по време на обработването се определят в зависимост от формата и размера на контролираната повърхнина, зададената точност и типа на производството. В единичното производство се използват предимно универсални измервателни инструменти (линейки, ъгломери, шублери, микрометри и др.). В едросерийното и масовото производство се препоръчва използването на калибри, шаблони, а така също измервателни уреди и автоматични устройства, с което се намалява времето за измерване. Точността на измервателните инструменти и уреди трябва да бъде избрана в съответствие с точността на контролирания размер [35].

4.4.3. Избиране схемите на приспособленията

Необходимостта от използване на приспособления се установява при определяне на съдържанието на отделните операции от технологичния процес за изработването на детайлите. Общата характеристика на всяко приспособление се обуславя от операционната технологична схема, типоразмера на машината и типа на производството.

В условията на единично и дребносерино производство се препоръчва използването предимно на универсални приспособления. Специалните приспособления имат крайно ограничено приложение и към разработването им се пристъпва след изясняване на икономическата целесъобразност от такова решение чрез сравняване на себестойностите на операцията при и без използване на приспособление. В първия случай в себестойността на

операцията се включва частта от стойността на приспособлението, съответстваща на броя на изработваните детайли. В това отношение значително предимство имат универсалните слоббяеми приспособления.

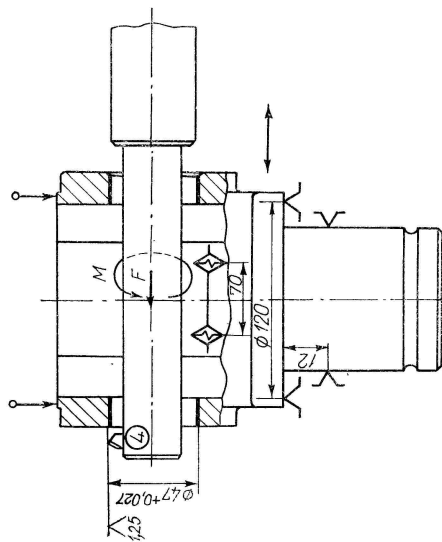
В условията на серийно производство по голямо предпочитание трябва да се дава на универсалните пренастройваеми (групови) приспособления. Те

се характеризират с малки допълнителни разходи за пренасрояване и значително съкращаване на спомогателното време. Могат да се използват и специални приспособления, като се обособява икономическата им целесъобразност.

В условията на едросерийно и масово производство се използват специални приспособления с висока степен на механизация и автоматизация, което е икономически оправдано.

Ако за изпълнението на операцията е избрано универсално приспособление, явяващо се принадлежност към машината или доставено в готов вид, в технологичните документи се отразява наименованието и типоразмера му. В останалите случаи (включително при приемане на универсални пренастройваеми или слоббяеми приспособления) наред с отразяването на наименованието и вида на приспособлението в документите се съставя и задание за неговото разработване. То включва схема на приспособлението и текстово пояснение на допълнителните изисквания за проектирането.

Схемата на приспособлението се съставя въз основа на технологичната схема на операцията и се отличава от нея с наличието на размери, отразяващи разположението на базиралите опори и приложените сили на затягане. Върху схемата се показват компонентите на силите на рязане и тяхната големина. Елементите на приспособлението се изобразяват с условни знаци (табл. 4.1). Върху схемите на приспособленията за пробивни операции се изобразяват направляващите втулки. Елементите на приспособлението могат да бъдат показани в схематичен вид (центрировачи щифтове, опори, челюсти на патронника, закрепващи елементи



Фиг. 4.11

и пр.), ако предварително се извести, с което схемата става по-прегледна. На фиг. 4.11 е показана схемата на приспособление за разстъргване на отвори в корпусен детайл.

В пояснението към схемата ясно трябва да се формулират общите изисквания към приспособлението, степента на механизация, принципа на работа, машината, върху която се установява, и др. С това се облекчава конструктивното му разработване.

4.5. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА РЕЖИМИТЕ НА РАЗАНЕ

4.5.1. Общи указания за определяне на режимите на рязане

Съществуват главно два метода за определяне на режимите на рязане: по таблици и чрез аналитично изчисляване. И при двата метода се спазва една и съща последователност на работа.

1. Определя се дълбочината на рязане t . При грубите преходи е целесъобразно цялата прибавка да се сменя за един проход. Когато мощността на машината или стабилността на технологичната система са недостатъчни, прибавката се разделя на много мален брой проходи.

2. Определя се подаването s . За да се получи по-голяма производителност, е необходимо да се работи с голямо подаване, което създава също така условия за рязане без трептения. Подаването се ограничава от изискванията към грапавостта и точността на обработваните повърхнини, от стабилността на технологичната схема, якостта на режещата част на инструмента, подавателния механизъм и мощността на машината и др.

3. Определя се трайността на режещия инструмент T , като се изхожда от вида и материала на инструмента, условията на работа и броя на участващите при настройването инструменти.

4. Определя се скоростта на рязане v в зависимост от избраните t , s и T , а от нея се изчислява честотата на въртене на въртената или броят на двойните ходове.

5. Проверява се определените режим на рязане с възможно-сти на машината, при което трябва да бъдат изпълнени усло-

$$P_{\text{маш}} \geq \frac{P_{\text{раз}}}{\eta_{\text{ГД}}}; \quad (4.26)$$

$$F_x \leq F_{x \text{ под}}; \quad (4.27)$$

където $P_{\text{маш}}$ — мощността на машината, kW;

$P_{\text{раз}}$ — мощността на рязане, kW;

F_x — осовата сила на рязане при избрания режим, N;

$F_{x \text{ под}}$ — подавателната сила, която се допуска от здравия

Големина на подаването в зависимост от дебелината на твърдосплавна пластина

Дебелина на твърдосплавната пластина, мм	Подаване s , mm/об, при дълбочина на рязане t , mm, до	
	4	7
4	1,3	1,1
6	2,6	2,2
8	4,2	3,6
10	6,1	5,1

Забележки: 1. В зависимост от механичните свойства на обработвания материал подаванията, дадени в таблицата, се умножават с коефициента
 1,2 при $\sigma_B = (48 \div 64) \cdot 10^7$ Pa;
 1,0 при $\sigma_B = (65 \div 87) \cdot 10^7$ Pa и
 0,85 при $\sigma_B = (87 \div 117) \cdot 10^7$ Pa.
 2. При чугун подаването се умножава с коефициента 1,6.
 3. В зависимост от главния установъчен ъгъл подаването се умножава с коефициента: 1,4 при $\chi_r = 30^\circ$; 1,0 при $\chi_r = 45^\circ$; 0,6 при $\chi_r = 60^\circ$ и 0,4 при $\chi_r = 90^\circ$.
 4. При струговане на прекъснат и повърхнини подаването се намалява с 20%.

при закрепване в патронник и подпирание със задния център — $c = 130$; при конзолно закрепване в патронник — $c = 3$);

E — модулът на линейната деформация на материала и тялото на ножа, Pa (за конструкционна стомана $E = 1,96 \cdot 10^7$ Pa);

I — инерционният момент на напречното сечение на тялото на ножа, mm^4 ;

δ — допускът на диаметъра на детайла за разглеждана операция, mm.

Проверката на допустимото от подавателния механизъм подаване се извършва по форм. (4.27).

Силите на рязане при струговане се изчисляват по формулата:

$$F_z(F_y, F_x) = 9,81 C_F t^x F^y s^z K_F K_{rF} N. \quad (4.30)$$

Големината на силовата константа C_F и степенните показатели x_F, y_F и z_F за отделните сили на рязане са дадени в табл. VI.4.

Поправъчният коефициент K_F се определя по формулата

$$K_F = K_{mF} K_{\chi_r} K_{\chi_F} K_{\gamma_F} K_{\lambda_F} K_{rF}, \quad (4.31)$$

където K_{mF} е коефициентът, отчитащ качеството на обработвания материал (табл. VI.5);

$K_{\chi_r}, K_{\chi_F}, K_{\lambda_F}, K_{rF}$ — коефициентите, отчитащи влиянието на геометричните параметри на стругарския нож върху силите на рязане (табл. VI.6),

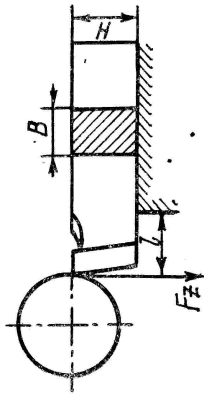
ната на подавателния механизъм (определя се от паспорта на машината), N;

$\eta_{сл}$ — к. п. д. на главния превод на машината (определя се от паспорта на машината, а при липса на данни се взема $0,8 \div 0,85$).

Изчисленията или определени честоти на въртене и подавания се съгласуват с данните на машината, като се избират най-близките по-малки.

4.5.2. Определяне на режимите на рязане по таблици

Струговане. Дълбочината на рязане при грубо струговане се избира по възможност равна на прибавката за обработване, а при чисто струговане — в зависимост от необходимата грапавост на повърхнините — при $R_a \leq 6,3$ μm , $t = 0,5 \div 2,0$ mm, при $R_a = 3,2 \div 1,0$ μm , $t = 0,1 \div 0,4$ mm. Подаването се избира по таблици (табл. VI.1—VI.3 или други източници). При грубо струговане подобрено подаване се проверява по якостта на тялото на ножа и твърдосплавната пластина, стабилността на обработвания детайл и якостта на подавателния механизъм. Тялото на ножа представлява запъната конзолна греда, нагъвана на огъване от тангенциалната сила на рязане F_z , затова



Фиг. 4.12

$$F_z \leq \frac{BH^2 [\sigma]_{ог} N}{6l} \quad (4.28)$$

където B, H и l са размерите на ножа (фиг. 4.12), m; $[\sigma]_{ог}$ — допустимото напрежение на огъване, Pa (за конструкционна стомана $[\sigma]_{ог} = 20 \cdot 10^7$ Pa).

При ножове с твърдосплавна режеща част подаването се ограничава от дебелината на пластината (табл. 4.13).

Проверката по стабилността на обработвания детайл се извършва по формулата

$$y = \frac{F_y L^3}{c E J} \leq 0,25 \cdot 10^{-3} \delta, \quad (4.29)$$

където F_y е радиалната съставка на силата на рязане, N;

L — дължината на детайла, m;

c — коефициентът, зависещ от начина на закрепване на заготовката (при закрепване между центри — $c = 75$;

Скоростта на рязане при струговане на стомана и чугун се избира от табл. VI.7 ÷ VI.9. Избраната скорост се коригира в съответствие с действителните условия на работа чрез умножаване с поправъчни коефициенти, посочени в табл. VI.10 ÷ VI.12. Мощността на рязане при струговане се определя по таблици [13] и др. или се изчислява по формулата

$$P_{\text{раз}} = 60^{-1} \cdot 10^{-3} F_z v \quad \text{kW}, \quad (4.32)$$

където F_z е тангенциалната сила на рязане, N;

v — скоростта на рязане, m/min.

Свредловане. Подаването при свредловане на стомана с винтови свредла от бързорежеща стомана се избира от табл. VI.13. При свредловане на сив чугун и медни сплави подаването се подбира от табл. VI.14. Скоростта на рязане при свредловане на стомана е дадена в табл. VI.15, а при свредловане на сив чугун — табл. VI.16.

Фрезование. Подаването и скоростта на рязане при фрезование с челни фрези, снабдени с пластинки от твърда сплав, са дадени съответно в табл. VI.17, VI.18 и VI.19.

Режимите на рязане при операциите зенкерване, райбероване, нарязване на резби и зъбни козела, шлифоване и др. са дадени в специалните справочници [13, 38] и др.

4.5.3. Аналитично изчисляване на режимите на рязане

Струговане. Дълбочината на рязане t и подаването s се избират както при табличното определяне режимите на рязане.

Скоростта на рязане при обстъргване, подрязване и разстъргване се определя по формулата

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x v^j S^y} K_v \quad \text{m/min}, \quad (4.33)$$

а при отрязване, прорязване и струговане с профилен нож — по формулата

$$v = \frac{C_v}{T^m S^y} K_v \quad \text{m/min}. \quad (4.34)$$

При едноинструментно обработване трайността на ножа T се приема средно 60 min, с изключение на струговането с профилен нож, когато $T=120$ min.

Константата C_v и степенните показатели x , y и m са приведени в табл. VI.20.

Общият поправъчен коефициент K_v се определя по формулата

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{sv} K_{rv} K_{qv} K_{ov}, \quad (4.35)$$

където K_{mv} е коефициентът, отчитащ качеството на обработвания материал (изчислява се по формули от табл. VI.21 или се избира от табл. VI.22);

K_{nv} — коефициентът, отчитащ състоянието на повърхността на заготовката (табл. VI.22);

K_{sv} — коефициентът, отчитащ материала на режещата част на инструмента (табл. VI.22);

K_{rv} — коефициенти, отчитащи геометрията на ножа (табл. VI.22);

K_{qv} — коефициентът, отчитащ напречното сечение на тялото на ножа (табл. VI.22);

K_{ov} — коефициентът, отчитащ вида на обработваното (табл. VI.22).

Свредловане, зенкерване, райбероване. Изчисляването на допустимото подаване при свредловане се извършва по формулата

$$s = C_s D^{0.5} \text{ mm/об}, \quad (4.36)$$

където C_s е коефициентът, отчитащ влиянието на механичните и технологичните фактори (табл. 4.14);

D — диаметърът на отвора, mm.

Групиите на подаването в табл. 4.14 са същите, както в табл. VI.13.

Таблица 4.14

Стойности на коефициента C_s

Обработван материал	Твърдост HB	Група на подаването		
		I	II	III
Стомана	<160	0,085	0,053	0,042
	160 ÷ 240	0,63	0,047	0,031
	240 ÷ 300	0,046	0,038	0,023
Чугун	<170	0,130	0,097	0,065
	>170	0,078	0,058	0,039
Цветни метали	меки	0,170	0,130	0,085
	твърди	0,130	0,097	0,005

Скоростта на рязане се изчислява по формулата

$$v = \frac{C_v D^{0.7}}{T^m t^{x_v} s_z^{y_v} B^{n_v} K_{i_v}} K_v \text{ m/min.} \quad (4.37)$$

Стойностите на константата C_v и степенните показатели са дадени в табл. VI.23, а трайността T — в табл. VI.24.

Общият поправъчен коефициент се определя по формулата

$$K_v = K_{n_v} K_{p_v} K_{i_v}. \quad (4.38)$$

Коефициентът K_{n_v} се изчислява по формулите от табл. VI.21, а K_{p_v} се избира от табл. VI.22. Коефициентът K_{i_v} , който отчита влиянието на дълбочината на отвора, се взема от табл. 4.15.

Таблица 4.15

Стойности на коефициента K_{i_v}

Вид на обработваното	Средловане			Зенкерване, райберване		
Дълбочина на обработвания отвор в диаметри	3D	4D	5D	6D	8D	—
K_{i_v}	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6	1,0

Въртящият момент и осовата сила при средловане се изчисляват по формулите

$$M = 9,81 C_M D^{0.7} s_z^{y_M} K_M \text{ Nm}; \quad (4.39)$$

$$F_o = 9,81 C_F D^{0.7} s_z^{y_F} K_F \text{ N.} \quad (4.40)$$

Стойностите на константите C_M и C_F и степенните показатели са дадени в табл. VI.25.

Коефициентът $K_F = K_{M_F}$ се отчита от табл. VI.5.

Мощността на рязане се определя по формулата

$$P = \frac{M n}{9550} \text{ kW}, \quad (4.41)$$

където n е честотата на въртене на инструмента или заготовката min^{-1} ;

M — въртящият момент, Nm.

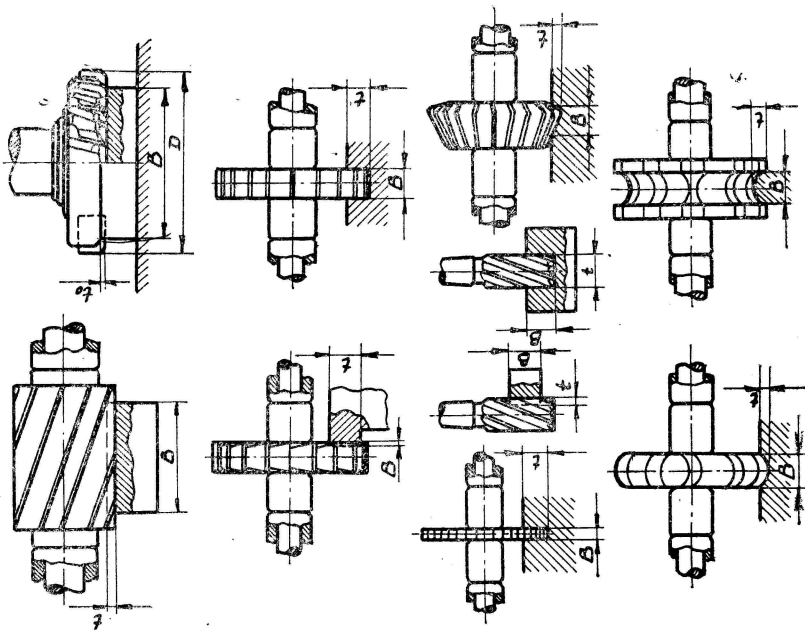
Фрезоване. Дълбочината на рязане и подаването на зъб се подобряват по таблици. Скоростта на рязане се изчислява по формулата

$$v = \frac{C_v D^{0.7}}{T^m t^{x_v} s_z^{y_v} B^{n_v} K_{i_v}} K_v \text{ m/min.} \quad (4.42)$$

където D е диаметърът на фрезата, mm;

B — широчината на фрезоването (фиг. 4.13), mm;

z — броят на зъбите на фрезата.



Фиг. 4.13

Стойностите на константата C_v и степенните показатели са дадени в табл. VI.26, а на трайността T — в табл. VI.27.

Общият поправъчен коефициент K_v се определя по формулата

$$K_v = K_{M_v} K_{p_v} K_{i_v}. \quad (4.43)$$

Коефициентите K_{M_v} , K_{p_v} и K_{i_v} се вземат от табл. VI.21 и VI.22.

Периферната сила на рязане при фрезоване се изчислява по формулата

$$F = \frac{9.81 C_F t^{x_F} s_z^{y_F} B^{u_F} z}{D^q F n^{\omega} F} N, \quad (4.44)$$

където n е честотата на въртене на фрезата, min^{-1} .
Стойностите на константата C_F и степенните показатели са дадени в табл. VI.28.

Общият поправъчен коефициент на силата F при фрезване зависи само от качеството на обработвания материал, което се отчита от коефициента K_{MF} (табл. VI.5).

Въртящият момент на вретено на фрезата се определя по формулата

$$M = \frac{F D}{200} \text{ Nm}, \quad (4.45)$$

а мощността на рязане

$$P = 60^{-1} \cdot 10^{-3} F \cdot v \quad \text{kW}, \quad (4.46)$$

където F е периферната сила на рязане, N;

D — диаметър на фрезата, mm;

v — скоростта на рязане, m/min.

4.5.4. Определяне на режимите на рязане при многоинструментно обработване

Определянето на оптималния режим на рязане при многоинструментното обработване е по-сложно от това при едноинструментното. Тук ще бъдат изложени основните съображения, които трябва да се имат пред вид при определяне на режимите на рязане в този случай.

1. **Избиране на подаването.** При многоинструментното обработване подаването се определя на няколко етапа.

Избира се по нормативи подаването. При струговането това е подаването на супорта за един оборот на вретено, което се определя, като се изходи от сумарната дълбочина на рязане на всички инструменти, установени на даден супорт, и ограничаване, свързани с осигуряването на необходимата точност и грапа-вост на обработваната повърхнина.

При фрезването като изходно се приема подаването на един зъб на фрезата в зависимост от обработвания материал, вида на фрезата и големината на обработвания размер.

При свредловането, зенкерването и райберването по даването се избира като освен характеристиката на обработвания материал и обработвания диаметър се взема пред вид и последователността на работата на отделните инструменти и точността на обработването.

2. *Избраното по нормативи подаване се коригира*, като се отчита кинематичната връзка и времето на работа на отделните супорти:

а) при струговите машини се намалява подаването на онези супорти, при които времето за обработване е най-малко; когато супортите са свързани по кинематичен път, подаването на него един от тях не трябва да превишава препоръчаните в таблиците големина;

б) при фрезоването избраното подаване на един зъб на фрезите, установени на един дорник, се коригира по такъв начин, че подаването за един оборот на дорника да бъде еднакво за всички инструменти.

в) подаването за един оборот на свредлата, зенкерите, райберите и др. инструменти, установени на многовретенните глави, се коригира с цел получаването на еднакво минутно подаване.

Избиране на трайността на инструмента. Трайността на инструмента T_p за всички инструменти, участващи в многоинструментното настройване, по която се изчислява скоростта на рязане, се определя от следната формула:

$$T_p = T_m \lambda \text{ min}, \quad (4.47)$$

където T_m е трайността на лимитирация по трайност инструмент, λ — коефициентът на времето на рязане.

Трайността T_m зависи от броя на инструментите, които участвуват в настройването, и равномерността на тяхното натоварване. При многоинструментно обработване върху едновременни стругови машини трайността T_m се определя по табл. 4.16. При многоинструментно обработване върху многовретенни стругови машини T_m се определя от същата таблица за настройване със средна равномерност на натоварването на инструментите (2-ра група).

Коефициентът на времето на рязане λ е равен на отношението между броя на оборотите на вретено на машината за времето на рязане $n_{\text{раз}}$ и броя на оборотите на вретено за времето на работния ход на супортите на машината $n_{p,x}$.

$$\lambda = \frac{n_{\text{раз}}}{n_{p,x}} \quad (4.48)$$

$$n_{\text{раз}} = \frac{L_{\text{раз}}}{s_0} \text{ об.} \quad \text{и} \quad n_{p,x} = \frac{L_{p,x}}{s_0} \text{ об.},$$

където $L_{\text{раз}}$ и $L_{p,x}$ са съответно дължината на обработваната повърхнина и дължината на работния ход на супортите, mm;

s_0 — подаването за оборот, mm/об.

Трайност на лимитирация инструмент

Код	Група на настройването	Характеристика	Трайност T_m при брой на инструментите, участващи в настройването						Над 20	
			1	3	5	8	10	15		20
1	Настройване с равномерно натоварване на инструмента	Диаметрите на обстърганите повърхнини се различават не повече от 1,2 пъти; броят на профилните и подрязващите ножове не е повече от 20% от общия брой на инструментите в настройката	50	150	200	300	350	400	—	
2	Средна равномерност на натоварването на инструментите	Всички настройки, които не се отнасят към 1 и 3 група	—	100	140	200	230	260	300	350
3	Настройване с голяма разлика в натоварването на инструментите	Диаметрите на обстърганите повърхнини се различават повече от 2 пъти; броят на профилните и другите малко натоварени инструменти е повече от 50% от общия брой на инструментите в настройката	—	70	90	110	130	150	170	180

При успоредна работа на супортите се използва $L_{p, x \max}$. Ако супортът осъществява работен ход с няколко подавания, опеределя се сумата $s_{01} + s_{02} + \dots$.

При работа само на един супорт $\lambda = \frac{L_{p, x}}{L_{p, x \max}}$. По същия начин се определя λ и в случаите, когато е очевидно, че лимитирацията по трайност инструмент, установен на супорта, има най-продължително време на работа (при успоредна работа на супортите).

Определянето на скоростта на рязане, честотата на въртене и минутното подаване се извършва на два етапа. В първия етап се определят скоростта на рязане, честотата на въртене и минутното подаване за отделните, разглеждани на този етап като изолирани, вретена на многовретенните полуавтомати, многовретенните

глави и др., инструментите на които са кинематично свързани. Честотата на въртене на вретената на машината се запазва еднаква за всички супорти и инструменти, установени на разглежданата позиция, а минутното подаване на всички инструменти е еднакво.

При втория етап се коригират режимите на рязане с цел изравняване на времето на работа на отделните позиции, които кинематично не са свързани помежду си, и се определя машинното време на работа на машинага.

Когато се коригират режимите на рязане, трябва да се има пред вид, че при обработване на стоманени заготовки ствърдославни инструменти скоростта на рязане не трябва да бъде по-малка от $45 \div 50$ м/мин. В противен случай трайността на инструмента няма да се увеличи, но може да се намали.

Определянето на режимите на рязане при многоинструментното обработване се извършва по нормативи, дадени в специалната литература [32], [36] и др.

4.6. НОРМИРАНЕ И СИНХРОНИЗИРАНЕ НА ВРЕМЕНАТА ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ОТДЕЛНИТЕ ОПЕРАЦИИ

4.6.1. Определяне нормата на единичното време

Нормата на единичното време $T_{ед}$ се определя по формулата

$$T_{ед} = T_o + T_c + T_{об} + T_{отд} \text{ min,} \quad (4.49)$$

където T_o е основното време, min;

T_c — спомогателното време, min;

$T_{об}$ — времето за обслужване на работното място, min;

$T_{отд}$ — времето за отдых и естествени нужди на работника, min.

При машинно обработване на заготовките основното време T_o съвпада с машинното време T_m , което се изчислява по формулата

$$T_m = \sum_{j=1}^n \frac{L_j}{s_{m,j}} \eta_j \text{ min,} \quad (4.50)$$

където L_j — дължината на работния ход за j -тия преход, mm;

$s_{m,j}$ — минутно подаване за j -ия преход, mm/min;

η_j — броят на преходите за j -тия преход;

n — броят на преходите за операцията.

От форм. (4.50) могат да се получат частни зависимости за различните случаи на обработване чрез рязане. Някои от тях са показани в табл. 4.17.

Таблица 4.17

Формули за изчисляване на машинните времена

Вид на операциите	Формули за машинното време $T_m, \text{ min}$	Означения
1	2	3
Струговане и средловане	$T_m = \frac{L}{ns}$	L — работният ход на инструмента по направление на подаването, mm;
Резбонарязване: с нож за резба	$T_m = q_x \left(\frac{L}{ns} + \frac{L}{n_{\text{обр}} s} \right) i$	n — честота на въртене на заготовката (инструмента), min ⁻¹ ;
вихрово нарязване и фрезоване с дискова фреза	$T_m = \frac{L}{n_3 s}$	s — подаването, mm/об;
с гребеновидна фреза	$T_m = \frac{1.2}{n_3}$	i — броят на проходите;
Протегляне	$T_m = \frac{L}{1000v_{\text{пр}}} + \frac{L}{1000 v_{\text{обр}}}$	$n_{\text{обр}}$ — честотата на въртене на заготовката при обратен ход, min ⁻¹ ;
Стъргане и дълбане	$T_m = \frac{L}{n_x s}$	q_x — броят на ходовете на резбата;
Шлифоване:	$T_m = \frac{kL}{n_3 s B} \cdot \frac{h}{t}$	n_3 — честотата на въртене на заготовката min ⁻¹ ;
кръгово с надлъжно подаване	$T_m = \frac{kL}{n_3 s B} \cdot \frac{h}{t}$	$v_{\text{пр}}$ — скоростта на протяжката при протегляне, m/min;
кръгово с радиално подаване	$T_m = \frac{kL}{n_g s_p}$	$v_{\text{обр}}$ — скоростта на протяжката при обратен ход, m/min;
плоско с периферията на диска	$T_m = \frac{kL}{n_x s B} \cdot \frac{h}{t}$	n_x — честотата на двойните ходове, min ⁻¹ ;
плоско с челото на диска	$T_m = \frac{kL}{S_m q_g}$	k — коефициентът на увеличаване на машинното време за описване;
на резба с еднопрофилен диск	$T_m = \frac{1.3 L}{n_3 s}$	B — широчината на шлифовъния диск, mm;
на резба с многопрофилен диск	$T_m = \frac{1.5}{n_3}$	s_B — подаването, изразено в части от широчината на диска;
Зъбонарязване на цилиндрични козела:	$T_m = \frac{L i}{n s q_x}$	s_p — радиалното подаване, mm/об;
с червячна модулна фреза	$T_m = \frac{1.1 \pi m z}{n_x s_{\text{кр}}}$	q_s — броят на едновременно шлифованите заготовки
със зъбодълбочно колело	$T_m = T_z z$	h — прибавката, mm;
на конусни зъбни козела		t — дълбочината нарязане, mm;
		s_m — минутното подаване, mm/min;
		q_x — броят на ходовете на червячната фреза;
		$s_{\text{кр}}$ — кръговото подаване на зъбодълбочното колело, mm за двоен ход;
		T_z — времето за обработване

Продължение на табл. 4.17

1	2	3
Зъбозакръгляване	$T_m = T_z z i$	на един зъб, min, по паспорта на машината; z — броят на зъбите на козелото; m — модулът на зъбното колело, mm.

При многопозиционни машини с последователна концентрация на преходите машинното време за операцията се получава като сума от машинни времена на отделните позиции и времето за празните ходове

$$T_m = \sum_{i=1}^n T_{mi} + T_{\text{пр. х}} \text{ min}, \quad (4.51)$$

където T_{mi} е машинното време на i -тата позиция, min;

n — броят на позициите;

$T_{\text{пр. х}}$ — времето на празни ходове, включващо времето за подвеждане на инструментите и отвеждане на инструментите, и времето за позициониране, умножено по броя на позициите, min.

Във форм. (4.51) не се включват припокривните времена за празни и работни ходове.

При многопозиционни машини с успоредна концентрация на преходите (многоверетни автомати и полуавтомати, агрегатни машини и др.), машинното време за операцията се определя от най-продължителния по време преход $T_{\text{лим}}$ и времето за празните ходове $T_{\text{пр. х}}$, което се изразходва за подвеждане и отвеждане на инструментите за позициониране:

$$T_m = T_{\text{лим}} + T_{\text{пр. х}} \text{ min}. \quad (4.52)$$

Времето за празните ходове зависи от конструктивните особености на машината и се определя от паспортните й данни.

За машини с програмно управление машинното време се определя от циклограмата на операцията чрез сумиране на времената за работните и празните ходове и престоите в цикъла:

$$T_m = \sum_{i=1}^m L_{pi} + \sum_{i=m+1}^n S_{mi} + \sum_{j=1}^l T_{pj} \text{ min}, \quad (4.53)$$

където L_{pi} е дължината на i -тия работен ход, mm;

L_{pi} — дължината на i -тия празен ход, mm;

Коефициент на периодичност на контрола

Наименование на операцията	Точност на контролираната повърхнина	Размер на повърхнината, mm	K_n , %
Обстъргване, разстъргване, външно и вътрешно кръгово шлифване	11÷12 клас	до 200	30
	6÷9 клас	над 200 над 200	40 50 60
Безцентрово шлифване	11÷12 клас		1
	6÷9 клас		2
Свердловане		10	1
		25	2
		50	3
		над 50	4
Плоско фрезование	$T \geq 0.1$ mm	50	10
		200	20
		над 200	30
Обработване на резба с плашки, метчици и резбонарезни глави фрезование шлифване валцоване		10	19
		25	20
		50	30
		над 50	40
		100	20
		50	100
		50	3

При индивидуално получаване на размерите на размерите е целесъобразно да се обединят спомагателните времена за контрол и управление на машината. Това се обуславя от настройването с помощта на пробни стружки, което включва измерване и определени действия по управление на машината: измерване на заготовката, включване на главно движение, подвеждане на инструмента и предварително настройване на размер, включване на подаването, изтегляне на инструмента, изключване на подаването и въртенето, контрол на размера, поднастройване на инструмента и т. н.

В този случай спомагателното време се определя от израза

$$T_c = \sum_{i=1}^m T_{уст i} + \sum_{j=1}^n T_{спр j} \quad (4.56)$$

където $T_{спр j}$ е спомагателното време за j -тия преход;

m — броят на установките за операцията;

S_{mj} — минутното подаване на i -тия ход, mm/min;

m — броят на работните ходове;

n — броят на работните и празните ходове;

$T_{спр j}$ — продължителността на j -тия престой, min;

l — броят на престоите.

В някои случаи машинното време се определя по нормативи или от паспортните данни на машината (зъбозакръгляване, триране зъбите на зъбни кола, зъбоостъргане, кръгово протегляне, свръхзаглаждане и др.). В табл. 4.17 формулите за машинното време при зъбонарязване на конусни зъбни кола и зъбозакръгляване са получени на тази основа.

Спомагателното време е необходимо за установяване и сваляне на заготовката, управление на машината и контролиране, свързано с изпълнението на операцията. В нормата на единичното време се включва само неприпокритата част от спомагателното време. Това налага да се анализира внимателно възможността за съвместване на спомагателните действия с машинното време.

Общото спомагателно време се определя по формулата

$$T_c = T_{уст} + T_{упр} + T_{ск} \quad (4.54)$$

Времето за установяване на заготовката $T_{уст}$ се определя по нормативи в зависимост от конструкцията на приспособлението и характеристиката на заготовката. В табл. VII.2 са дадени спомагателните времена за основните начини на установяване.

Спомагателните времена за управление на машината $T_{упр}$ са дадени в табл. VII.3. В него са включени разходите на време за пускане и спиране на машината, включване и изключване на въртенето и подаването, промяната на честотата на въртенето и подаването, смяна на инструментите, смяна на кондукторните втулки, преместване на възлите на машината и т. н.

Спомагателното време $T_{ск}$ при автоматично получаване на размерите е необходимо за контролиране на обработването, точността и правилността на настройването на машината. Времето за контролиране се определя от измервателния инструмент, точността и размерите за измерваната повърхнина. В табл. VII.4 са дадени спомагателните времена $T_{ск}$. При определяне на времето за измерване на един детайл трябва да се отчита периодичността на контрола:

$$T_{ск} = \frac{K_n}{100} T_{скн} \quad \text{min}, \quad (4.58)$$

където $T_{скн}$ е нормативното време за контрол, min;

K_n — коефициентът за периодичност на контрола, %.

Коефициентът за периодичност на контрола на различните технологични операции при автоматично получаване на размерите е даден в табл. 4.18.

n — броят на преходите за операцията.

Данни за $T_{\text{спр}}$ са дадени в табл. VII 3.

За да се определи правилно спомагателното време, е необходимо да се направи точен списък на похватите на работника при изпълнение на операцията. При осъществяване на фрезово-центровъчна операция работникът извършва следните похвати:

а) снемане на обработения детайл от машината, включващо елементите: освобождаване на детайла от електромеханичното приспособление с натискане на един бутон, вземане на детайла и поставяне върху масата за контролиране;

б) установяване на заготовката, което включва елементите: вземане на заготовката от палета, поставяне в приспособлението, включване с един бутон на електромеханичното устройство за закрепване;

в) включване на машината за осъществяване на работния цикъл с натискане на един бутон;

г) контролиране на обработения детайл, което се припокрива по време с работния цикъл на машината и включва елементите: вземане на детайла от масата, установяване в контролно приспособление, отчитане на размера, снемане от контролното приспособление и поставяне в палета за готови детайли.

От направения списък следва, че за случая спомагателното време за операцията включва две компоненти: спомагателно време за установяване на електромеханично приспособление и спомагателно време за пускане на машината с натискане на един бутон. Спомагателното време за контролиране не се отчита поради припокриването му с машинното време.

Времето за обслужване на работното място се изразходва за техническо и организационно обслужване:

$$T_{\text{об}} = T_{\text{обг}} + T_{\text{обо}} \text{ min,} \quad (4.57)$$

където $T_{\text{обг}}$ е времето на техническо обслужване, min;

$T_{\text{обо}}$ — времето за организационно обслужване, min.

Техническото обслужване на работното място се заключава в подмяна на износените инструменти, поднастройване на технологичната система, заточване на шлифовъчния диск, регулиране на машината по време на работа, почистване на стружките. За масово и едросерийно производство времето за техническо обслужване се дава в проценти от машинното време, а за серийно — в проценти от оперативното време $T_{\text{оп}}$. Оперативното време е равно на сумата от основното и спомагателното време.

$$T_{\text{ол}} = T_0 + T_c \text{ min.} \quad (4.58)$$

Времето за организационно обслужване се изразходва за подреждане на инструментите, почистване на работното място, мазане и почистване на машината и други организационни действия. Те се определят по нормативи в проценти от оператив-

ното време. Времето за отдих се изразходва за почивка и естествени нужди на работника и се определя в проценти от оперативното време.

За курсовия проект времената за техническо и организационно обслужване и отдих ще се определят по окрупнени нормативи. Те се определят обединено с коефициента K , който изразява тяхната сума в проценти от оперативното време. В такъв случай нормата на единичното време ще се определи от израза

$$T_{\text{ед}} = (T_0 + T_c) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right) \text{ min.} \quad (4.59)$$

Коефициентът K във формул. (4.59) се определя от табл. VII 5.

За нуждите на практиката определянето на T_c , $T_{\text{об}}$ и $T_{\text{отд}}$ се съобразява с типа на производството и се извършва според регламента на съответни нормативни справочници, разработени от Комитета по труда и работната заплата.

При единично и серийно производство за всяка партида се предвижда подготвително-заключително време $T_{\text{пз}}$. То се изразходва за запознаване с работата, получаване на необходимите приспособления и инструменти, настройване на машината, изработване на пробни детайли и след обработване на партидата — предаване на продукцията, връщане на приспособленията и инструментите. Определя се по нормативи. Данни за $T_{\text{пз}}$ са предвидени в табл. VII 3 и VII 5.

Подготвително-заключителното време в приложение VII е дадено окрупнено като норма за едно настройване на машината за нов вид работа. Ако настройването се извършва от настройчик в извърбатно време, посоченото $T_{\text{пз}}$ не се включва в нормата на обслужващия работник.

С отчитане на $T_{\text{пз}}$ се определя калкулационната норма на времето T_k :

$$T_k = T_{\text{ед}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} \text{ min,} \quad (4.60)$$

където n е обемът на партидата в бройки детайли.

Пример. Да се определи нормата на време за третата операция от I вариант на технологичния процес за обработване на вал-зъбното колело (фиг. 2.48), който е представен с технологичните схеми на фиг. 4.1.

Исходни данни

Машинна — струг многозъбов 1712.

Режим на рязане: честота на въртене на вретеното — $n = 500 \text{ min}^{-1}$, надлъжно подаване — $s_{\text{надл}} = 0,3 \text{ mm/об}$; напречно подаване — $s_{\text{напр}} = 0,1 \text{ mm/об}$.

Лимитиращ инструмент — проходният нож за грубото обстъргване на вършината повърхнина на зъбния венел.

Дължина на работния ход — $L = 70 \text{ mm}$.

2. Определяне на машинното време

$$T_{\text{м}} = T_{\text{лим}} + T_{\text{пр. х}} = T_{\text{лим}} + 0,08 T_{\text{лим}} = \frac{L}{v_{\text{с, надл}}} + 0,08 \frac{L}{v_{\text{с, надл}}};$$

$$T_m = \frac{70}{500 \cdot 0,3} + 0,08 \cdot \frac{70}{500 \cdot 0,3} = 0,47 + 0,04 = 0,51 \text{ min.}$$

3. Определение на спомагателното време

Според карта 3 на табл. VII.2 спомагателното време за операцията при машина на детайла 3,65 kg е $T_c = 0,19$ min.

4. Определение на времето за обслужване и почивка

От табл. VII.5 за многоножков полуватомат с повече от 5 инструмента $K = 8\%$

5. Определение на нормата на единично време

$$T_{ед} = (T_o + T_c) \left(1 + \frac{K}{100}\right) = (0,51 + 0,19) \cdot 1,08 \approx 0,76 \text{ min.}$$

6. Определение на подготовително-заключителното време

От табл. VII.5 — $T_{пз} = 60$ min.

7. Определение на обема на партидата

От форм. (1.6)

$$n = \frac{480 + 6,2 \cdot 60}{0,76} \approx 1121 \text{ дет.}$$

Броят на работните смени за обработване на партидата според ф.рм. (1.7) ще бъде

$$n_c = \frac{0,76 \cdot 1121}{0,8 \cdot 480} \approx 2,22.$$

Приема се коригиран брой на смените $n_{ск} = 2$. При това коригираният обем на партидата по форм. (1.8) се получава:

$$n_k = \frac{2}{2,22} \cdot 1121 \approx 1010 \text{ детайла.}$$

Окончателно може да се приеме $n_k = 1000$ детайла.

8. Определение на калкулационната норма на време

$$T_k = T_{ед} + \frac{T_{пз}}{n_k} = 0,76 + \frac{60}{1000} = 0,82 \text{ min.}$$

4.6.2. Синхронизиране на операциите

При организиране на поточно производство продължителността на операциите трябва да бъде кратна на такта. С това се осъществява по-пълно натоварване на машините и използване на фонда от време. Показател за използването на машините по време е коефициентът на натоварване по време

$$\eta_n = \frac{m_{пз}}{m_{пр}} \quad (4.61)$$

където $m_{пз}$ е изчисленият брой машини, необходими за изпълнение на операцията;

$m_{пр}$ — приетият брой на машините.

Необходимият брой машини за операцията се определя от отношението

$$m_{пр} = \frac{T_{ед}}{t} \quad (4.62)$$

Приетият брой на машините $m_{пр}$ се определя чрез закръгляване на $m_{пз}$ до цяло число.

Натоварването на машините по време се представя нагледно с графици. На фиг. 4.14 а е построен графикът преди синхронизация на операциите с такта. За 2, 6 и 9 операции от технологичния процес съществува претоварване на машините, а за 1, 3, 5 и 7 — натоварване. За да се осигури равномерно натоварване на машините от точната линия, се извършва синхронизация на операциите, което се изразява с графика на натоварването, показан на фиг. 4.14 б.

Синхронизацията се осъществява с помощта на следните мероприятия:

— прегрупиране на преходите — някои от преходите на пренатоварените операции се прехвърлят за изпълнение към ненатоварените;

— избиране на по-производителни машини за трудоемките операции;

— въвеждане на многоръбови и комбинирани инструменти за преходите, които ограничават производителността;

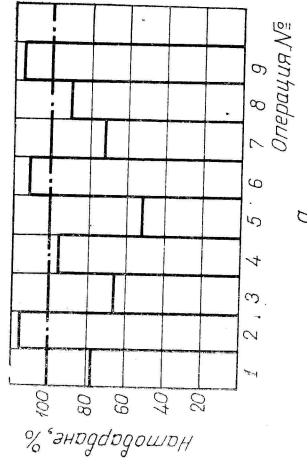
— въвеждане на механизирани приспособления за установяване на заготовките;

— максимално използване възможностите на машината и инструмента при лимитиращите преходи;

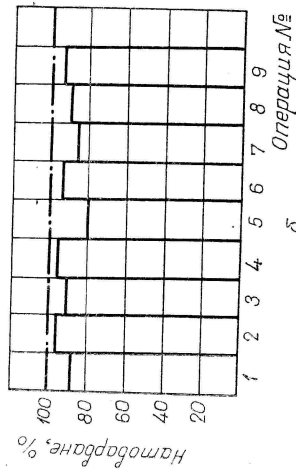
— намаляване на прибавките чрез използване на по-точни заготовки;

— подобряване технологичността на конструкцията на детайла;

— подобряване на организацията на работното място.



а



б

Фиг. 4.14

4.7. Определяне броя на работниците и квалификацията на работите

Броят на работниците се определя, като се отчита възможността за многомашино обслужване. Тя зависи от типа на машините и особеностите на изпълняваните операции. Потенциални възможности за многомашино обслужване съществуват при машини с автоматичен и полуавтоматичен цикъл на работа. Производственият опит е показал, че един работник може да обслужва до 2 полуавтомата, 3 автомата, 4 зъбофрезови машини или 1 машина с общо предназначение (без автоматичен цикъл). Реалните възможности за многомашино обслужване се разкриват, като се анализира структурно нормата на единичното време. Застостта на работника се определя от спомагателното неприпокрито $T_{\text{сп}}$ и припокриването $T_{\text{сп}}$ време, времето за обслужване на работното място $T_{\text{об}}$ и времето за отдых и естествени нужди $T_{\text{отд}}$. Тя може да се изрази с коефициента на натоварване на работника $\gamma_{\text{нр}}$:

$$\gamma_{\text{нр}} = \frac{1}{T_{\text{ед}}} (T_{\text{сп}} + T_{\text{сп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{отд}}) \quad (4.63)$$

След изразяване на времента за обслужване и отдых в проценти от оперативното време формулата добива вида

$$\gamma_{\text{нр}} = \frac{T_{\text{сп}} + 0,01 K T_{\text{м}}}{T_{\text{ед}}} + \frac{T_{\text{сп}}}{T_{\text{оп}}} \quad (4.64)$$

При организиране на поточно производство разликата между такта и единичното време се огласява на натоварването на работника. В такъв случай коефициентът на натоварване на работника ще се определи от израза

$$\gamma_{\text{нр}} = \frac{1}{\tau} (T_{\text{сп}} + T_{\text{сп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{отд}}) \quad (4.65)$$

или след преобразуването

$$\gamma_{\text{нр}} = \eta_{\text{н}} \eta_{\text{нр}} \left(\frac{T_{\text{сп}} + 0,01 K T_{\text{м}}}{T_{\text{ед}}} + \frac{T_{\text{сп}}}{T_{\text{оп}}} \right) \quad (4.66)$$

където $\eta_{\text{н}}$ е коефициентът на натоварване на машината по време.

За примера, решен в т. 4.6.1, $T_{\text{м}} = 0,51 \text{ min}$, $T_{\text{с}} = 0,19 \text{ min}$, $T_{\text{ед}} = 0,76 \text{ min}$, $K = 8\%$. Коефициентът на натоварване на работника ще се получи

$$\gamma_{\text{нр}} = \frac{0,08 \cdot 0,51}{0,76} + \frac{0,19}{0,70} = 0,325$$

или $\gamma_{\text{нр}} = 32,5\%$. Този резултат показва, че съществуват условия за донатоварване на работника с обслужване на втора машина. От анализа на коефициентите на натоварване $\gamma_{\text{нр}}$ за другите опе-

рации на технологичния процес се определя коя машина той допълнително ще обслужва. Сумарното натоварване на работника трябва да бъде 80 до 100%.

Квалификацията на работата определя изискванията към знанията и уменията на работниците, които ще изпълняват дадена операция. Разредът на работниците се определя с помощта на Таблица 4.1. Разредът на работниците се определя с помощта на Таблица 4.2. Характеристика на работата, "Трябва да знае" и "Примери за работа".