

Конструирование элементов ременных и цепных передач

Доцент кафедры
самолетостроения
к.т.н. Мухин Д.В.

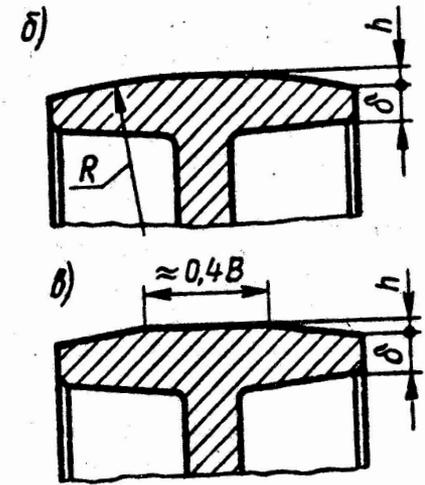
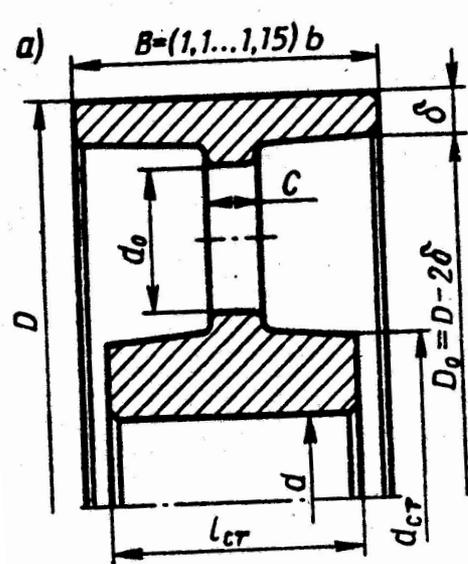
1. Конструирование элементов ременных передач

1.1 Конструирование шкивов

Шкивы изготавливают литыми из чугуна марки СЧ20 или легких сплавов, сварными из стали, а также из пластмасс. Чугунные литые шкивы из-за опасности разрыва от действия центробежных сил применяют при окружной скорости до 30 м/с. При более высокой скорости шкивы должны быть стальными. Для снижения инерционных нагрузок, особенно в передачах с большими скоростями, шкивы выполняют из легких сплавов. В серийном производстве применяют также сборные шкивы, составленные из тонкостенных штампованных элементов.

Шкивы состоят из обода, на который надевают ремень, ступицы для установки шкива на вал и диска или спиц, с помощью которых обод и ступица объединены в одно целое.

Внешняя поверхность обода шкива плоскоременной передачи имеет форму кругового цилиндра (рис.а), В быстроходных передачах внешнюю поверхность обода одного из двух шкивов следует выполнять сферической (рис.б) или с двумя конусами (рис. в). Таким образом фиксируют ремень на шкивах, предотвращая его сбегание с них при работе передачи.

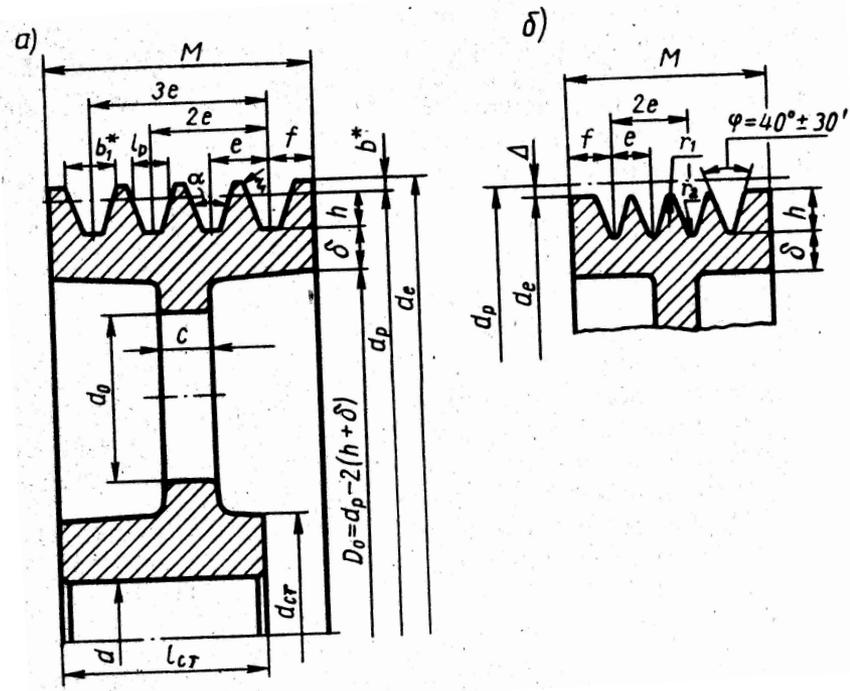


Величину выпуклости принимают (мм)

D	40...112	125...140	160...180	200...224	250...280	315...355
h	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0

Обод шкива для **клиновых**: ремней нормального и узкого сечений показан на рис. а, для **поликлиновых** ремней — на рис. б;

размеры (мм) профиля канавок шкивов принимают соответственно по табл.



Сечение ремня	h	Δ	e	f	r_1	r_2
<i>K</i>	$2,15^{+0,38}$	0,95	$2,4 \pm 0,03$	3,5	0,2...0,3	0,2...0,3
<i>L</i>	$4,68^{+0,38}$	2,4	$4,8 \pm 0,04$	5,5	0,4...0,5	0,4...0,5
<i>M</i>	$9,6^{+0,77}$	3,55	$9,5 \pm 0,05$	10,0	0,8...1,0	0,6...0,8

Сечение ремня	l_p	b^*	h	e	f	$\alpha = (34 \pm 1)^\circ$		$\alpha = (36 \pm 1)^\circ$		$\alpha = (38 \pm 1)^\circ$	
						d_p	b_1^*	d_p	b_1^*	d_p	b_1^*
<i>Z</i>	8,5	2,5	7,5	$12 \pm 0,3$	8	50...71	10,0	80...100	10,1	112...160	10,2
<i>A</i>	11	3,3	9	$15 \pm 0,3$	10	75...112	13,1	125...160	13,3	180...400	13,4
<i>B</i>	14	4,2	11	$19 \pm 0,4$	12,5	125...160	17,0	180...224	17,2	250...500	17,4
<i>SPZ</i>	8,5	2,5	10	$12 \pm 0,3$	8	63...80	10,0	—	—	> 80	10,2
<i>SPA</i>	11	3,3	13	$15 \pm 0,3$	10	90...112	12,8	—	—	> 112	13,1
<i>SPB</i>	14	4,2	17	$19 \pm 0,4$	12,5	140...180	16,4	—	—	> 180	16,7

Указанные на рисунках размеры рассчитывают по зависимостям:

d_p — расчетный диаметр шкива (диаметр окружности по нейтральной линии ремня). Значения расчетного диаметра принимают из ряда: 50, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500.

Внешний диаметр шкива для передачи:

клиновыми ремнями $d_e = d_p + 2b^*$

поликлиновым ремнем $d_e = d_p - 2\Delta$

Ширина шкива $M = (n - 1)e + 2f$

где n - число канавок на шкиве; значения b^*, Δ, e, f (мм) приведены в табл.

При изгибе ремня на шкивах угол его клина уменьшается. Поэтому угол α клина канавки следует назначать по табл. 1 в зависимости от диаметра d_p .

Толщина обода чугуновых шкивов передач:

плоскоременных $\delta_{\text{ЧУГ}} = 0,02(D+2B)$;

клиноременных $\delta_{\text{ЧУГ}} = (1,1 \dots 1,3)h$;

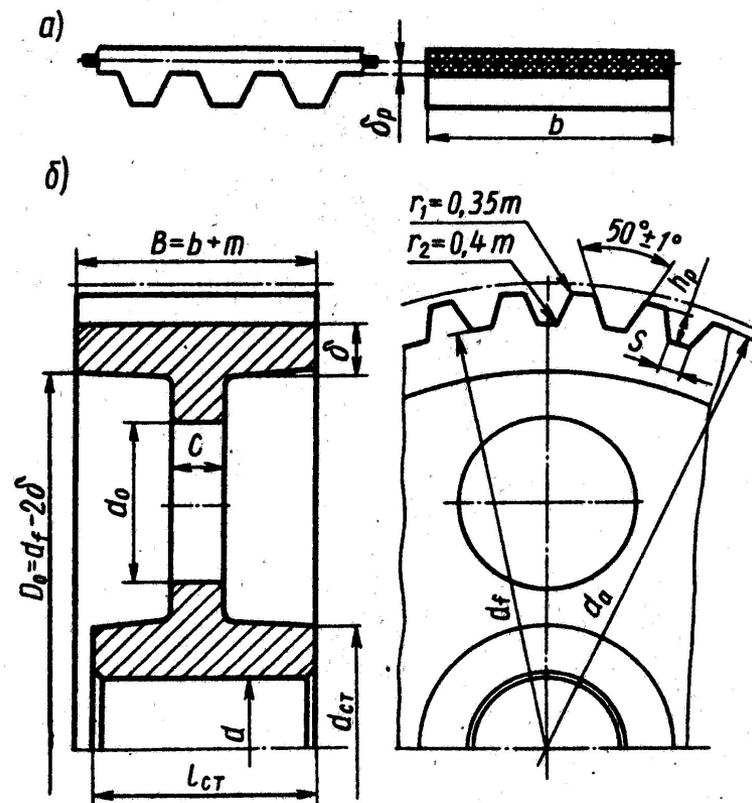
поликлиновых $\delta_{\text{ЧУГ}} = 1,6h$.

Толщина обода стальных шкивов $\delta_{\text{СТ}} = 0,8 \delta_{\text{ЧУГ}}$

Зубчато-ременные передачи

Конструкция **зубчатого ремня** показана на рис а, а обод шкива — на рис. б.

Некоторые размеры (мм) зубчатого ремня и конструктивных элементов обода шкива приведены в табл.



Модуль	m	3	4	5	7	10
Шаг зубьев ремня	p	9,42	12,57	15,71	21,99	31,42
Толщина ремня	H	4,0	5,0	6,5	11,0	15,0
Высота зуба	h	2,0	2,5	3,5	6,0	9,0
Толщина зуба	S_p	3,2	4,4	5,0	8,0	12,0
Расстояние от впадины ремня до оси троса	δ_p	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8
Ширина ремня	b	12,5...50	20...100	25...100	40...125	50...200
Число зубьев ремня	z_p	40...160	48...250	48...200	56...140	56...100
Ширина впадины шкива	S	$3,2 \pm 0,2$	$4,0 \pm 0,2$	$4,8 \pm 0,2$	$7,5 \pm 0,3$	$11,5 \pm 0,3$
Глубина впадины шкива	h_p	$3,0 \pm 0,2$	$4,0 \pm 0,2$	$5,0 \pm 0,2$	$8,5 \pm 0,3$	$12,5 \pm 0,3$

Диаметр делительной окружности $d = mz$, где z — число зубьев шкива.
 Диаметр вершин зубьев $d_a = d - 2\delta_p \pm k$, где k — поправка, учитывающая нагрузку и податливость каркаса, мм; знак «+» для ведущего шкива, знак «-» — для ведомого.

Значение k вычисляют по формуле $k = 0,2F_p \lambda z / b$, где b — ширина ремня, мм;

$F_p = 2 \cdot 10^3 T_1 C_p / (m z_{m1})$ — расчетная сила, передаваемая ремнем, Н.

Здесь T_1 — вращающий момент на малом шкиве, Н м; m — модуль, мм; z_{m1} — число зубьев малого шкива; $C_p = 1,3 \dots 2,2$ — коэффициент динамичности и режима работы.

Податливость λ витков металлотроса каркаса ремня принимают в зависимости от модуля m :

m , мм	3	4	5	7	10
λ , мм ² /Н	0,0014	0,0006	0,0008	0,0011	0,0016

Ширину b ремня выбирают из следующего ряда: 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200.

Диаметр впадин шкива $d_f = d_a - 2h_p$. Толщина обода $\delta = 1,5m + 2$ мм > 6 мм.

Зубчатые ремни изготавливают с числом зубьев z_p 40, 42, 45, 48, 50, 53, 56, 60, 63, 67, 71, 75, 80, 85, 90, 100, 105, 112, 115, 125, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 235, 250.

Диаметр ступицы шкивов для любого типа передачи :

чугунных $d_{ст} = 1,65d$;

стальных $d_{ст} = 1,55d$.

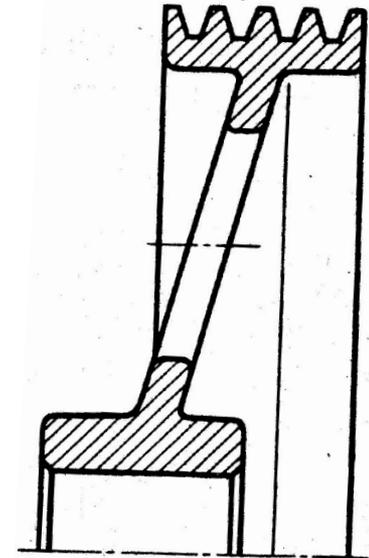
Длина ступицы ориентировочно $l_{см} = (1,2...1,5)d$. Окончательно длину ступицы принимают с учетом результатов расчета шпоночного или шлицевого соединения.

Толщина дисков шкивов для любого типа передачи $C=(1,2...1,3) \delta$.

Вычисленные размеры D_0 , $d_{ст}$, $l_{см}$, C округляют в ближайшую сторону до значений из ряда стандартных чисел.

Для снижения массы шкивов и удобства транспортирования в дисках иногда выполняют 4...6 отверстий d_0 возможно большего диаметра.

В шкивах с диаметром $D > 200$ мм диск следует конструировать в виде конуса, что способствует лучшему отводу газов при заливке формы металлом.

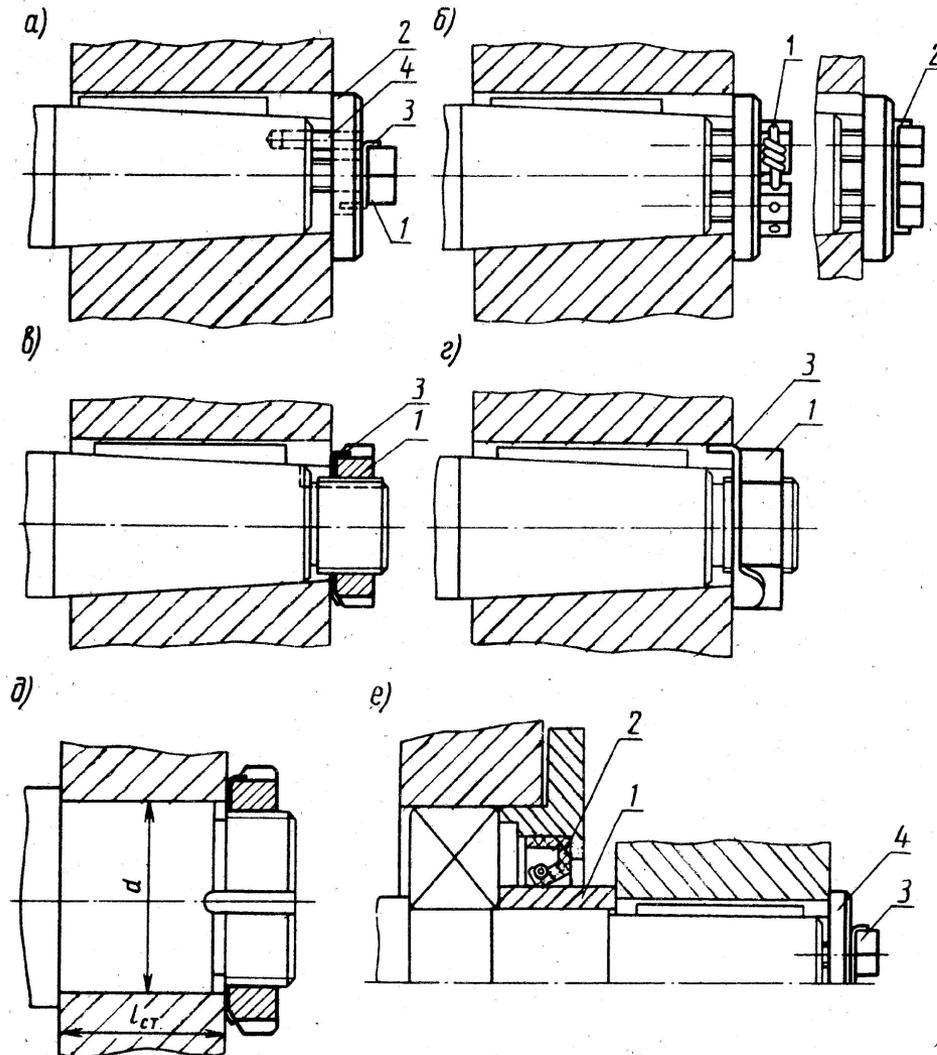


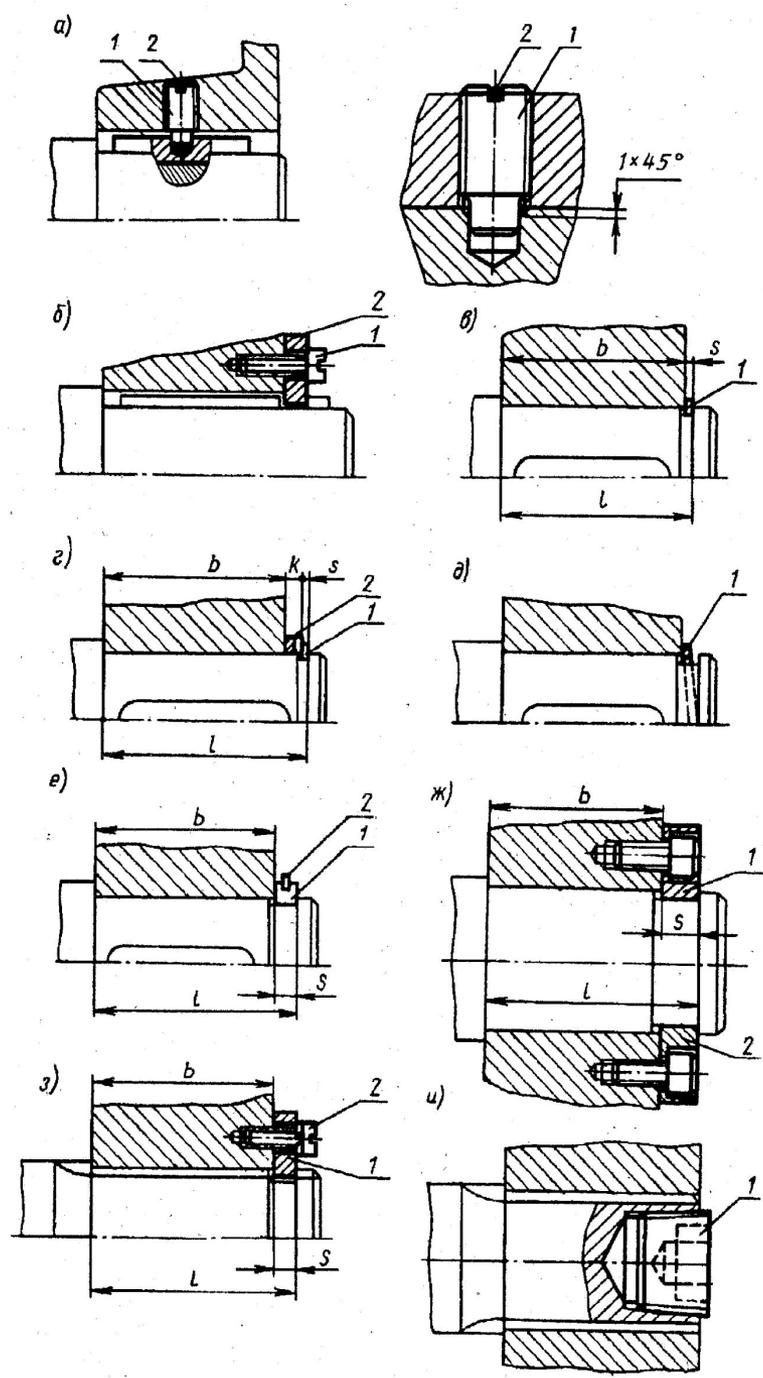
У медленно вращающихся шкивов обрабатывают только рабочую поверхность и торцы обода, а также отверстие и торцы ступицы. Необрабатываемые нерабочие поверхности для удобства удаления модели шкива из формы выполняют *на конус*.

Быстровращающиеся шкивы для лучшей балансировки обрабатывают кругом. В этом случае внутреннюю поверхность обода и наружную поверхность ступицы выполняют *цилиндрическими*.

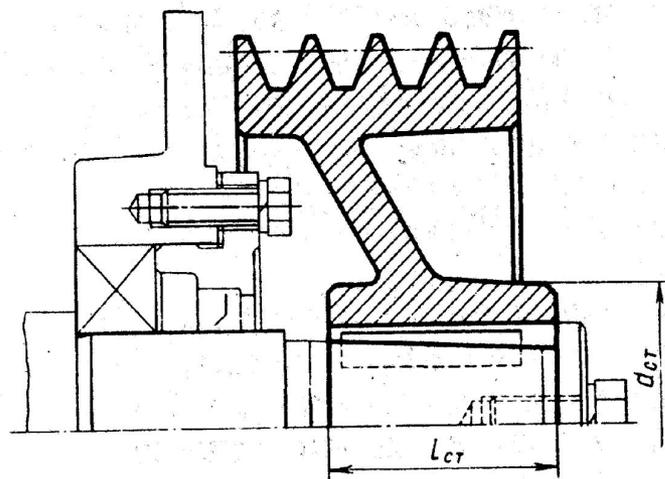
Балансируют шкивы путем сверления отверстий на торцах обода.

Так как для удобства надевания и замены ремней шкивы обычно размещают консольно, то их удобно устанавливать на конусные концы валов. Осевое крепление шкивов на валах производят по одному из способов, приведенных на рис

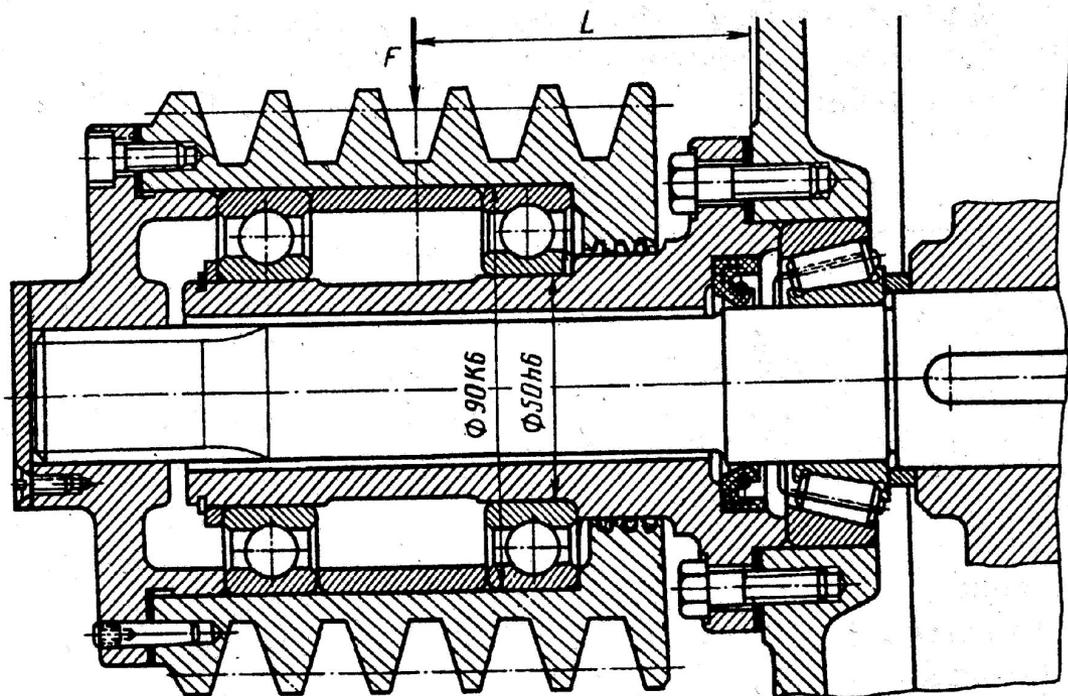




Обод шкива, установленного на консольном участке вала, для уменьшения изгибающего момента следует располагать как можно ближе к опоре



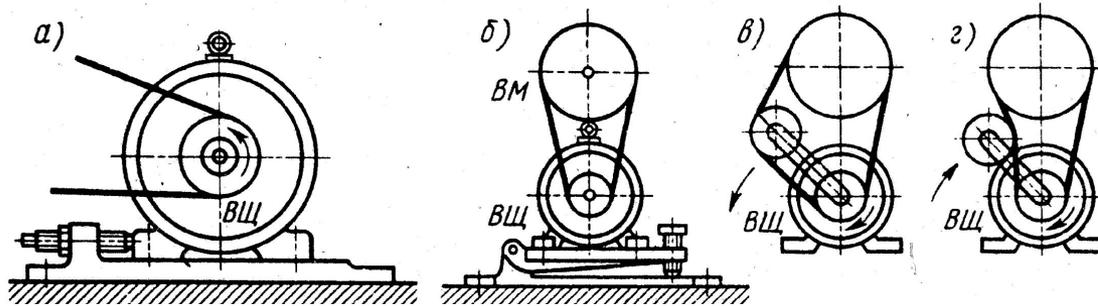
Когда изгибающие моменты от натяжения ремня приводят к нежелательным деформациям вала, шкивы конструируют так, чтобы сила натяжения ремней не передавалась на вал. Для этого их располагают на собственных подшипниках, установленных на специальной крышке-стакане



1.2 Натяжные устройства

Для компенсации вытяжки ремней в процессе их эксплуатации, компенсации отклонений длины бесконечных плоских, клиновых, поликлиновых и зубчатых ремней, а также для легкости надевания новых ремней должно быть предусмотрено *регулирование межосевого расстояния* ременной передачи. Натяжное устройство должно обеспечивать изменение межосевого расстояния в пределах от $0,97a$ до $1,06a$, где a — номинальное значение межосевого расстояния.

Наиболее распространены следующие схемы натяжных устройств:



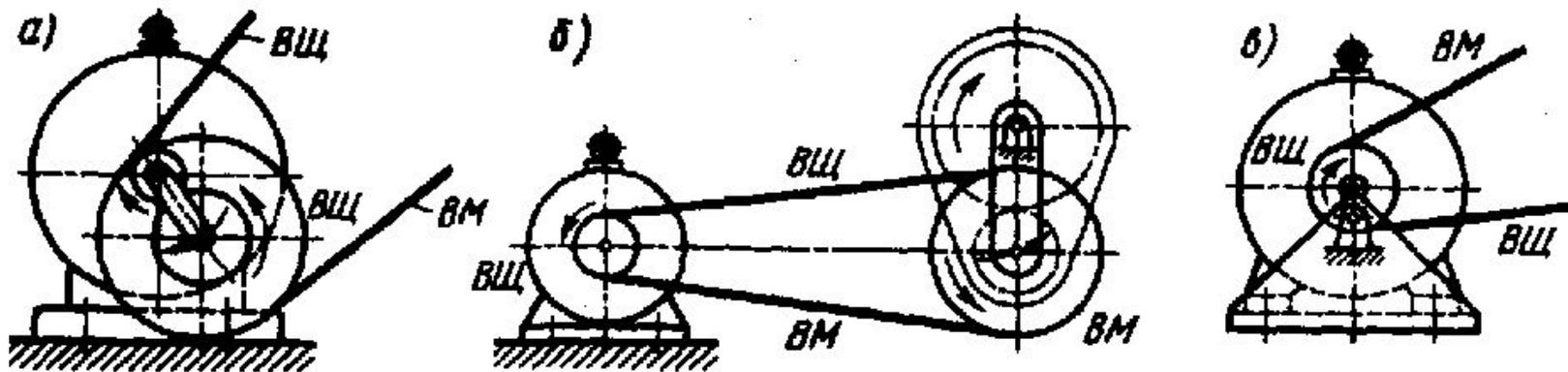
-прямолинейным перемещением электродвигателя (или другого узла) (рис. а);

-поворотом плиты, на которой расположен электродвигатель (или другой узел) (рис. б);

-оттяжным (рис. в) или натяжным (рис, г) роликом.

В устройствах, приведенных на рис., натяжение ремней создают исходя из условия передачи наибольшего возможного момента.

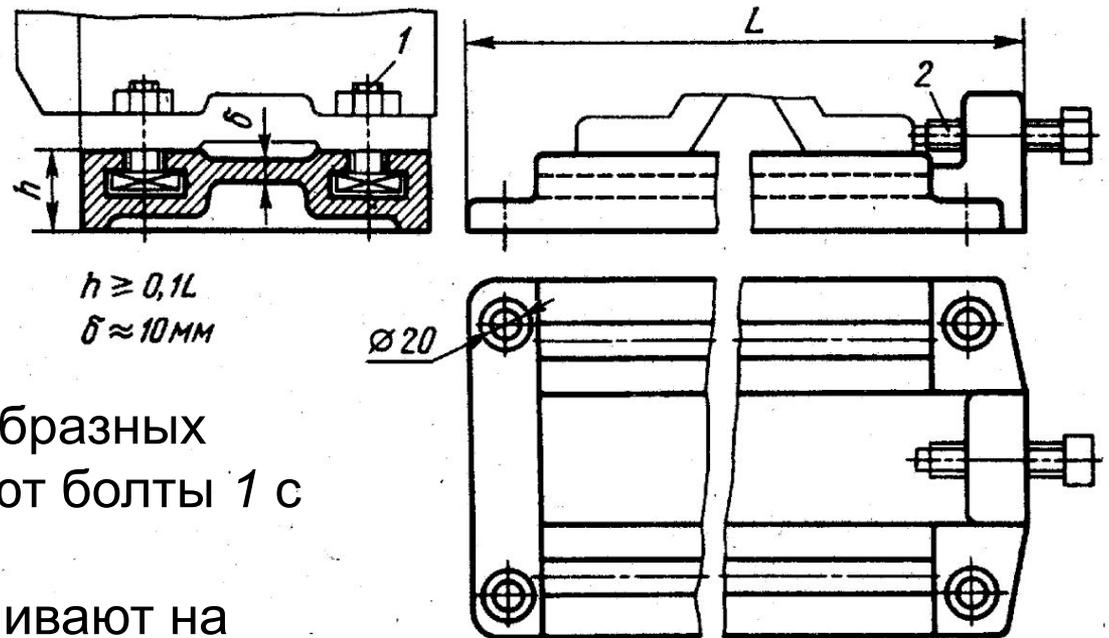
Самонатяжные устройства:
окружной силой на шестерне (рис., а);
реактивным моментом на корпусе узла (редуктора) (рис. б);
реактивным моментом на корпусе электродвигателя (рис. в).
В данных устройствах сила натяжения ремней автоматически
изменяется пропорционально передаваемому моменту. Это
способствует сохранению ремней и увеличению их ресурса.
Поэтому самонатяжные устройства перспективны. Передачи с
автоматическим натяжением неревверсивны.



Натяжение прямолинейным перемещением.

Если электродвигатель размещен на полу цеха, то удобно регулировать натяжение ременной передачи перемещением его по двум салазкам, поставляемым вместе с двигателем.

Иногда оказывается более удобным сконструировать и изготовить специальную плиту, которую крепят к полу цеха.

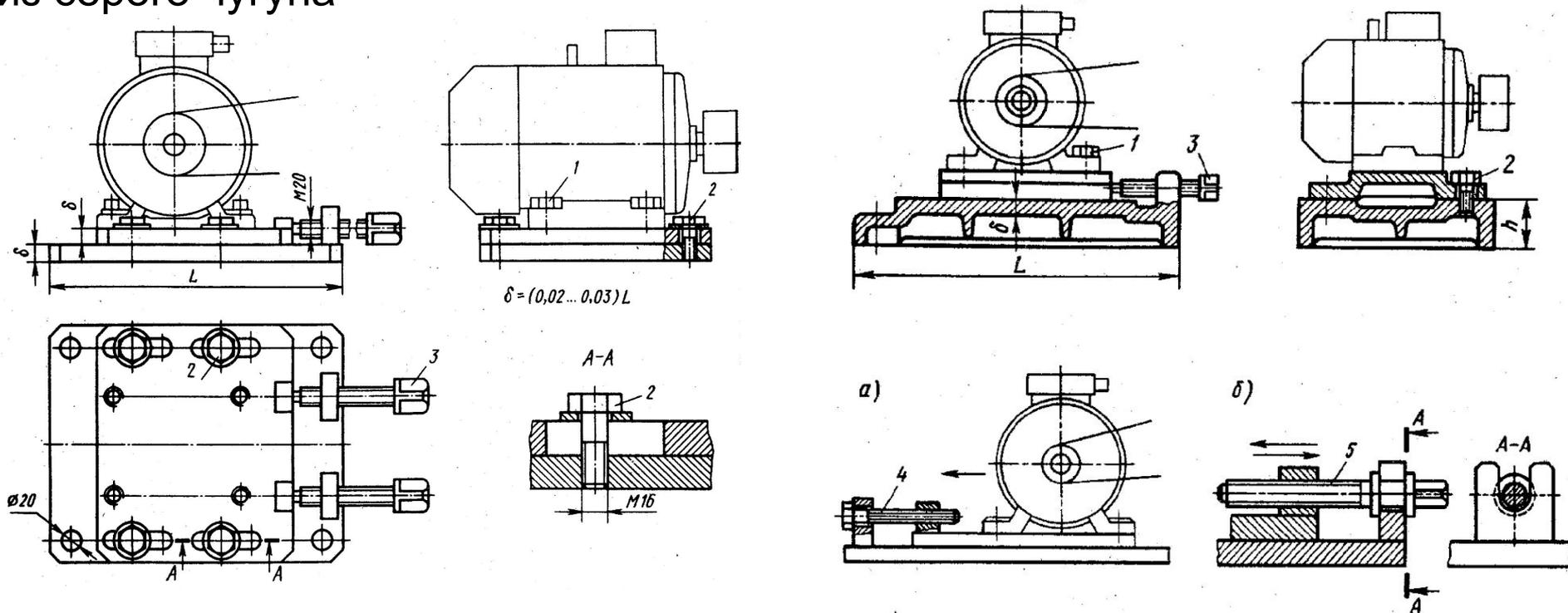


$$h \geq 0,1L$$
$$\delta \approx 10\text{мм}$$

В плите выполняют два Т-образных паза, в которые закладывают болты 1 с четырехгранной головкой.

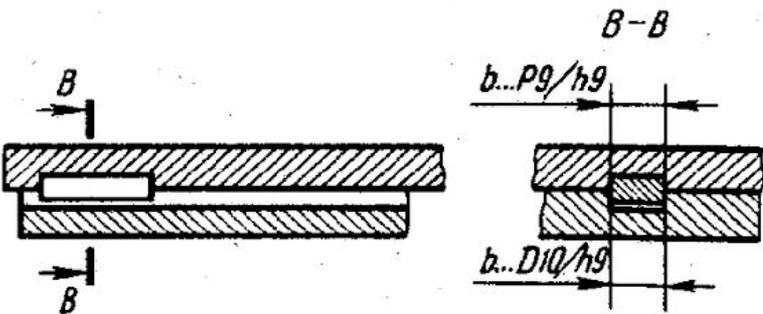
Электродвигатель устанавливают на плиту, перемещают регулировочным винтом 2, а после окончания регулирования затягивают гайки болтов 1.

Применяют также натяжные устройства, состоящие из двух плит: *неподвижной*, которую крепят к полу цеха, и *перемещающейся* по неподвижной при регулировании натяжения ремней. При единичном производстве плиты делают из стальных листов, а при серийном —литыми из серого чугуна



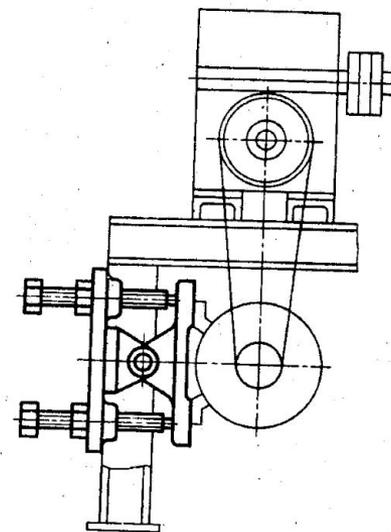
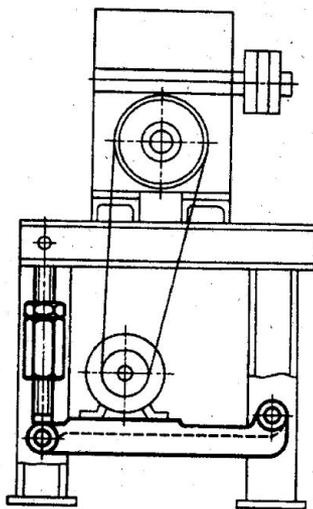
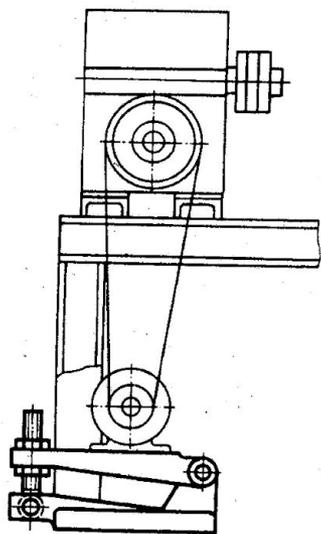
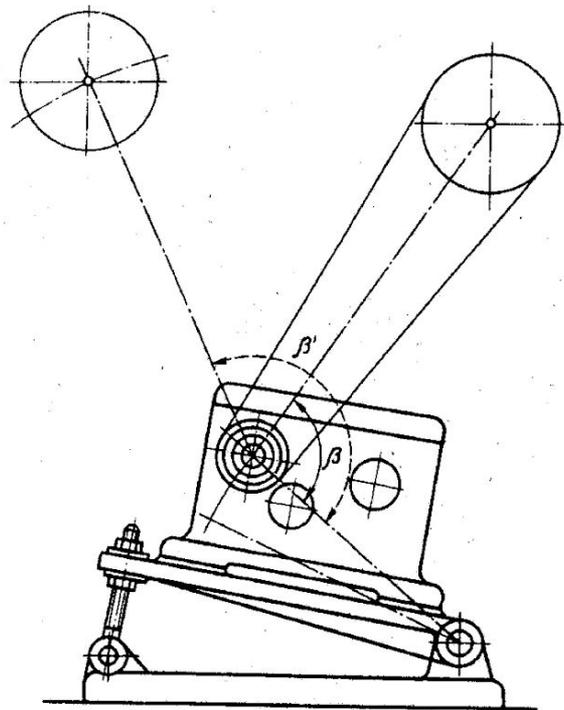
Электродвигатель крепят к верхней плите винтами 1. Для винтов 2 в верхней плите выполнены удлиненные пазы, а в нижней —резьбовые отверстия. По окончании регулирования винты 2 затягивают. Перемещают верхнюю плиту по нижней *толкающими винтами 3* или тянущими 4 или винтами 5, которыми можно перемещать верхнюю плиту в обоих направлениях.

Передачи поликлиновыми и зубчатыми ремнями чувствительны к перекосу осей валов. В этих случаях для более точного направления верхней плиты в нее запрессовывают две короткие шпонки, располагая их у концов плиты. В нижней плите выполняют длинные пазы. Чтобы уменьшить момент от сил натяжения ветвей ремня, шпонки и шпоночные пазы располагают как можно ближе к шкиву.

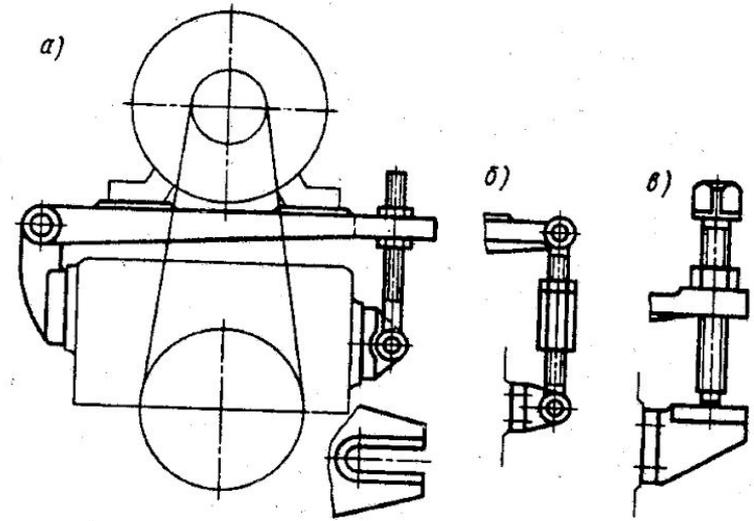


Натяжение качающимися плитами.

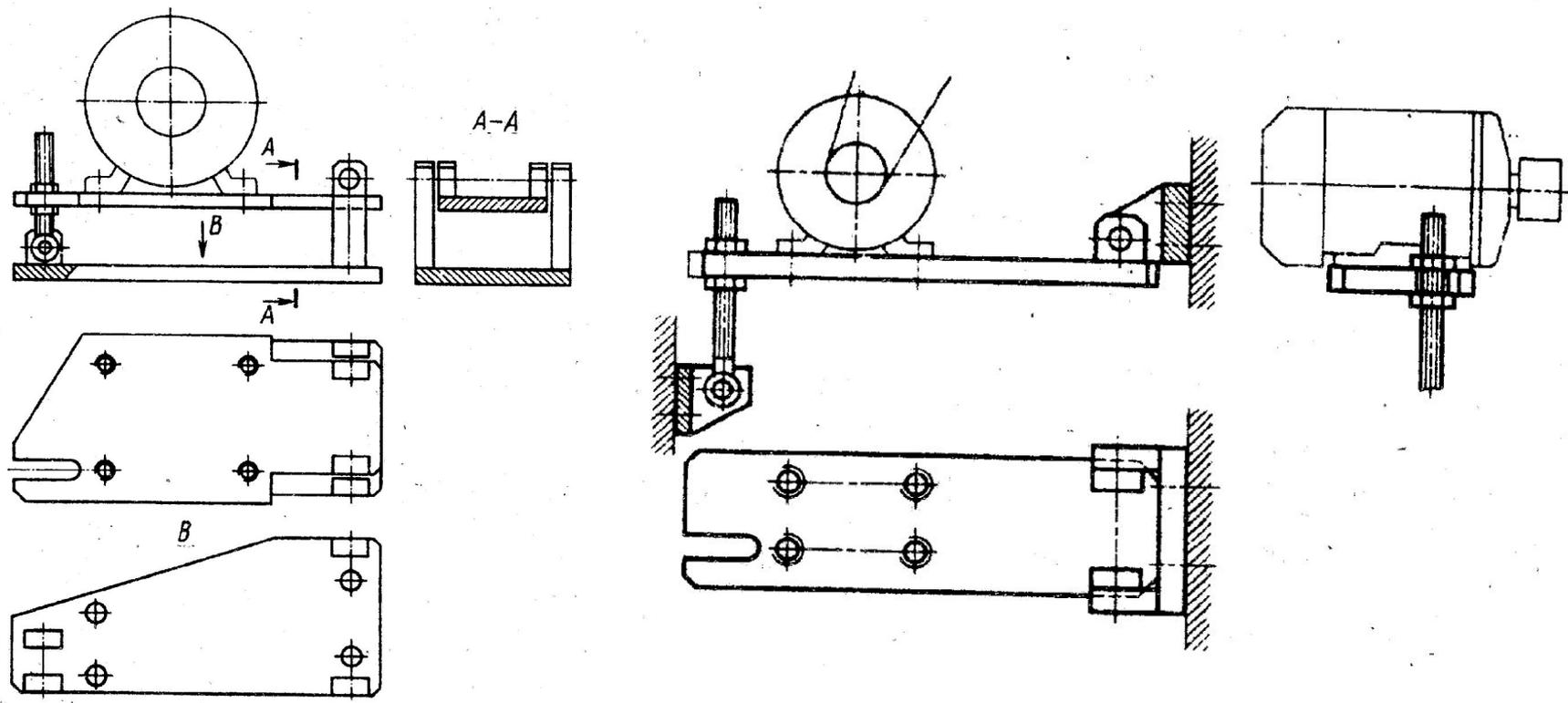
На качающуюся плиту устанавливают электродвигатель или любой другой узел ременной передачи. При конструировании качающейся плиты необходимо ось качения располагать так, чтобы угол β был близок к прямому. Если этот угол близок к 180° (угол β'), то межосевое расстояние при повороте плиты изменяется мало и регулирование неэффективно.



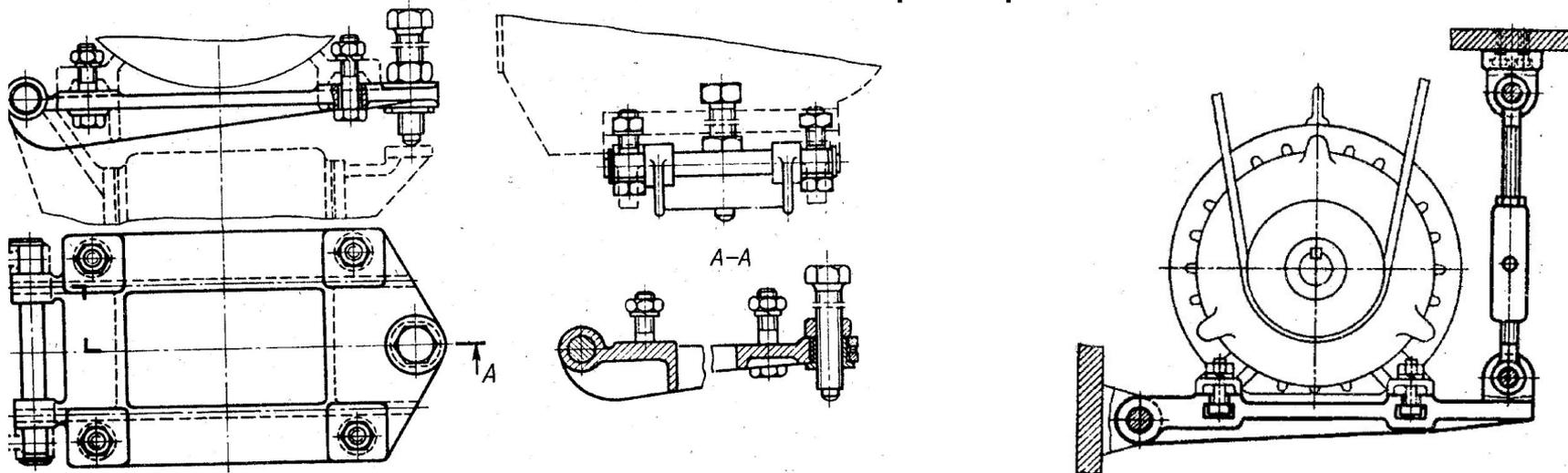
Натяжение ремней выполняют *откидным шарнирным болтом* (рис. а двумя шарнирными болтами с правой и левой резьбой и стяжкой, также имеющей правую и левую нарезку (рис. б) или *установочным винтом* (рис. в)



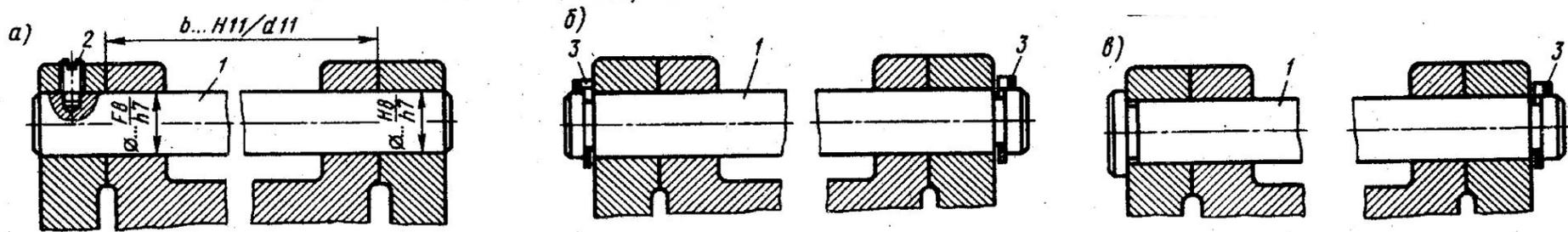
Для условий единичного производства неподвижные и качающиеся плиты конструируют сварными



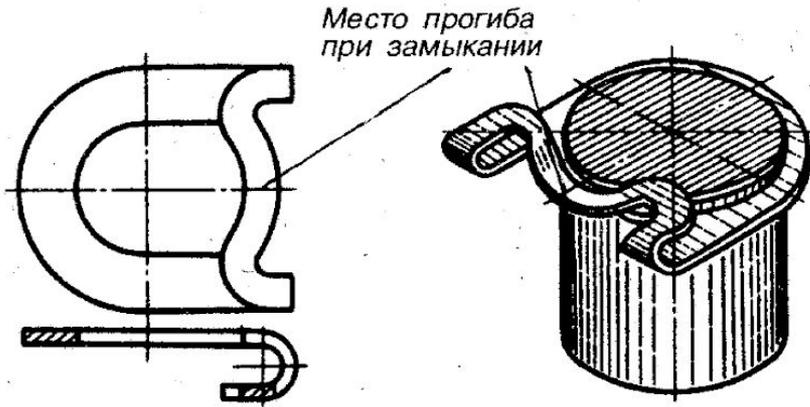
При серийном производстве экономически оправдано изготавливать качающиеся плиты литыми из серого чугуна. Толщина стенок литых плит должна быть по возможности везде одинаковой. Для увеличения жесткости целесообразно применение ребер.



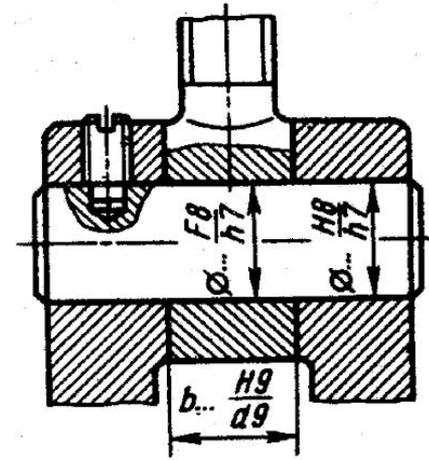
Оси поворота качающихся плит выполняют по одному из вариантов



Конструкция шайбы ШЕЗ

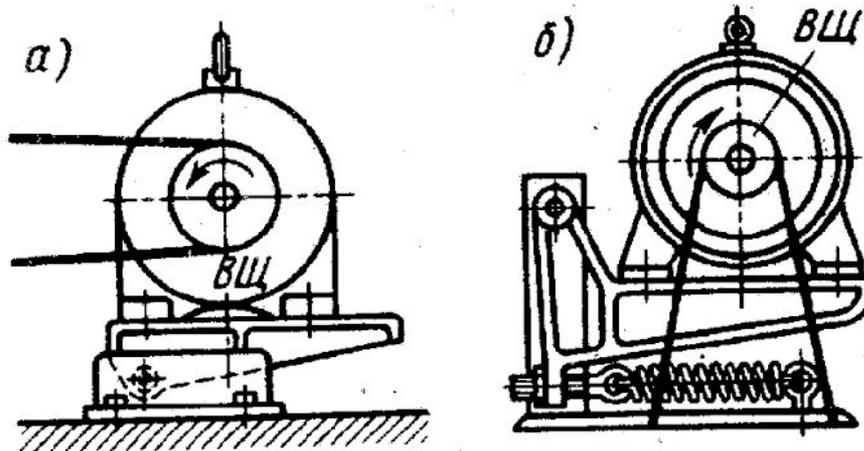


Конструкция оси поворота шарнирных болтов



Вместо фиксации стопорным винтом здесь также могут быть применены шайбы ШЕЗ

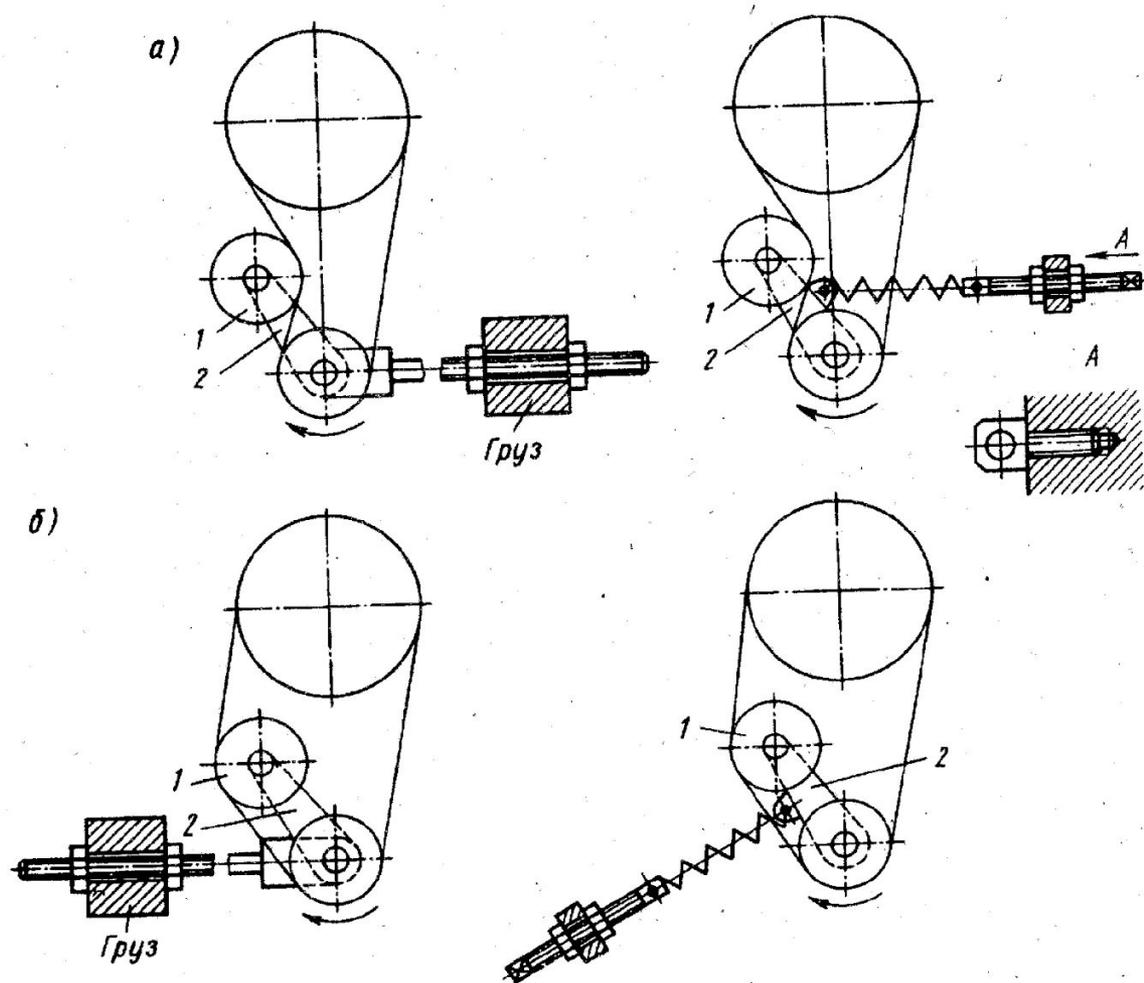
Автоматическое регулирование натяжения ременной передачи производят также *силой тяжести* электродвигателя и качающейся плиты или *пружиной*.



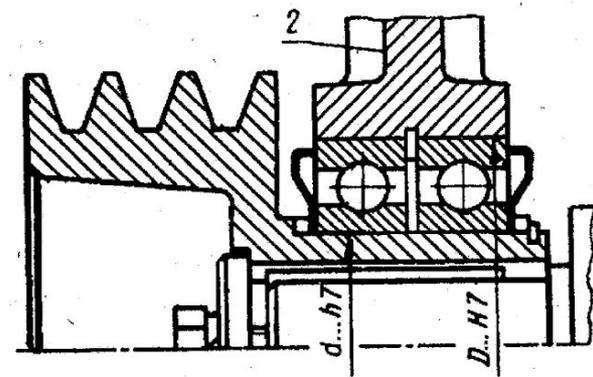
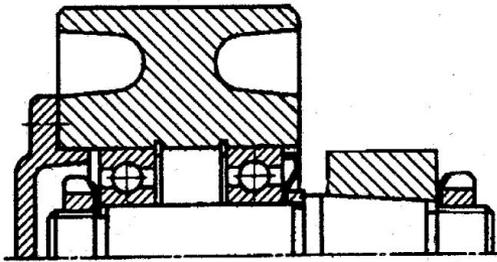
Натяжение роликами.

Для плоскоременной передачи большое значение имеет угол обхвата ремня на малом шкиве. Поэтому при относительно большом передаточном числе и малом межосевом расстоянии целесообразно натяжение ремня осуществлять *натяжным роликом* (рис. а). В передачах зубчатым ремнем также целесообразно применение натяжных роликов.

Для передач клиновыми и поликлиновыми ремнями угол обхвата ремня на малом шкиве имеет меньшее значение. Чтобы не вызывать изгиб ремней в другом направлении, в этих передачах лучше применять *оттяжные ролики* (рис. б). Натяжение осуществляют грузом или пружиной.



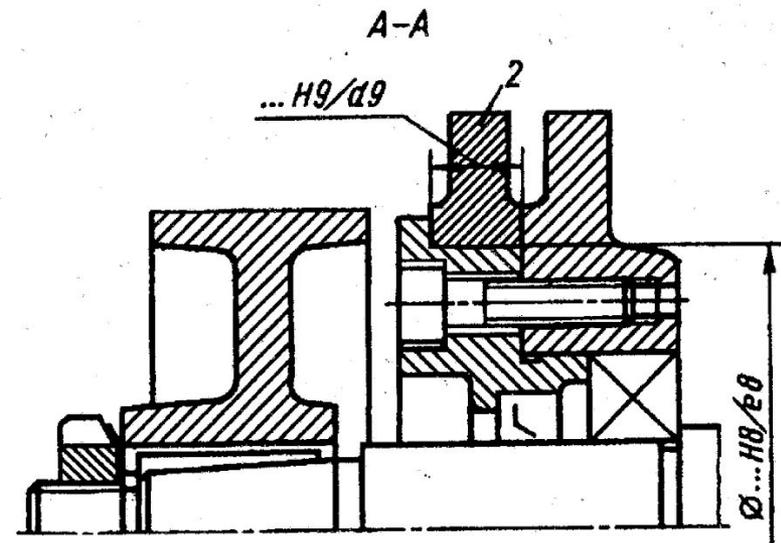
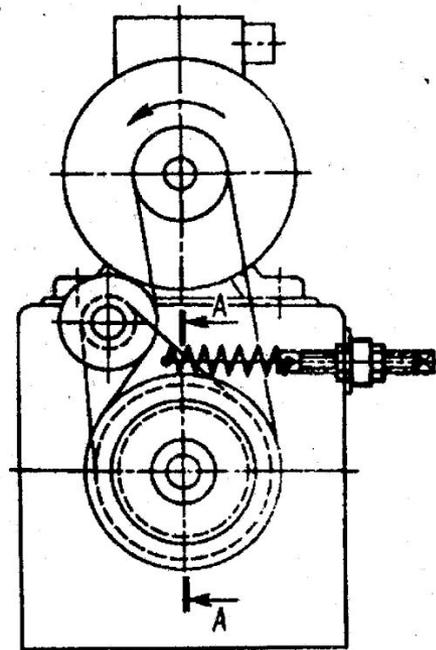
Конструкция роликов



Диаметр d_0 натяжного ролика должен быть $d_0 > 0,8d_1$, где d_1 диаметр малого шкива.

Если ведущий шкив ременной передачи установлен на валу электродвигателя, то удобно конец рычага 2 расположить на поверхности этого шкива.

Иногда конец рычага 2 устанавливают на цилиндрической поверхности фланца крышки подшипника



Если профиль зуба в осевом сечении выполняют со скосом (рис. б), что является предпочтительным, то принимают угол скоса $\gamma=20^\circ$, а фаску $f=0,2b$.

В формулах обозначены: $r=0,5025d_1+0,05$ мм - радиус впадины;

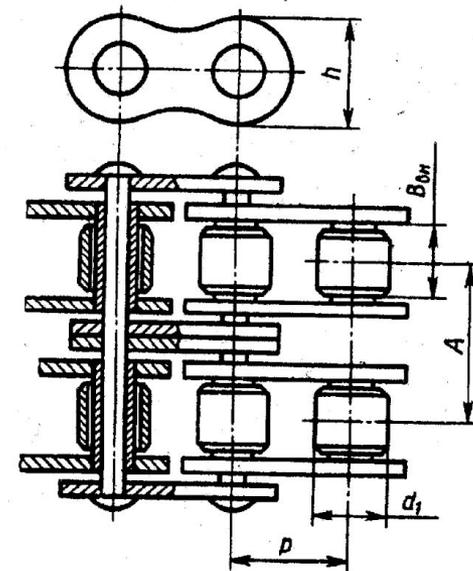
d_1 — диаметр ролика цепи;

$B_{вн}$ - расстояние между внутренними плоскостями пластин цепи;

A — расстояние между осями симметрии многорядных цепей;

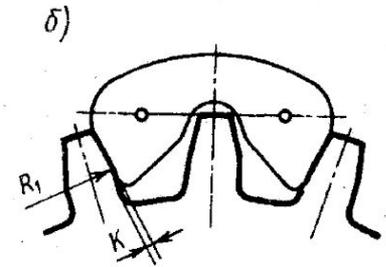
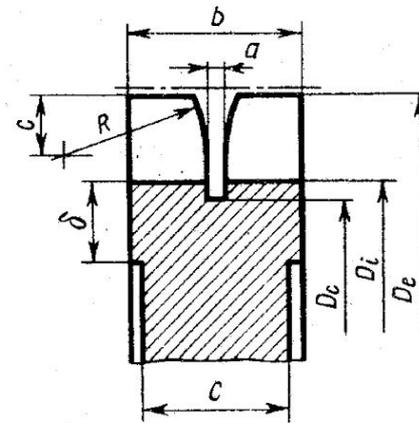
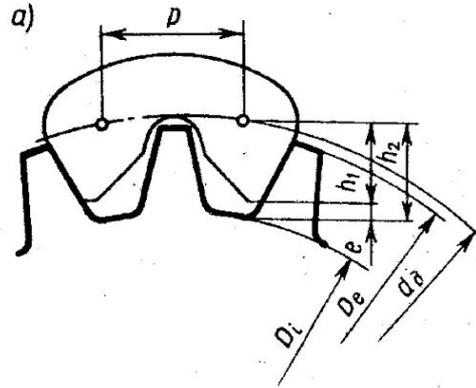
h — ширина пластин цепи.

Числовые значения $B_{вн}$, A , d_1 и h (мм) принимают в зависимости от шага p цепи, мм:



Шаг p	$B_{вн}$	A	d_1	h
12,7	7,75	13,92	8,51	11,8
15,875	9,65	16,59	10,16	14,8
19,05	12,7	25,5	11,91	18,2
25,4	15,88	29,29	15,88	24,2
31,75	19,05	35,76	19,05	30,2

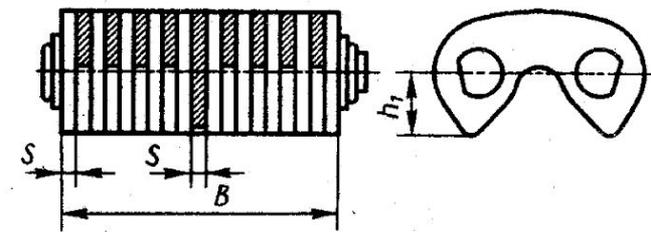
Размеры венца звездочек **зубчатых цепей** вычисляют по следующим зависимостям:



делительный диаметр $d_d = p / \sin(180^\circ/z)$;
 диаметр окружности выступов $D_e = p / \tan(180^\circ/z)$;
 диаметр окружности впадин $D_i = d_d - 2h_2 / \cos(180^\circ/z)$;
 диаметр проточки $D_c = D_e - 1,5p$;
 ширина венца $b = B + 2S$;
 радиус закругления зуба $R = p$

координата центра радиуса $R_c = 0,4p$;
 ширина направляющей канавки $a = 2S$;
 толщина обода $\delta = h_2$;
 толщина диска $C = (1,2 \dots 1,3)\delta$,

где S — толщина пластины цепи;
 $h_2 = h_1 + e$ — высота зуба;
 h_1 — расстояние от оси отверстия шарнира до вершины зуба цепи;
 e — радиальный зазор; B — ширина цепи.



При криволинейном профиле зубьев (рис. б) $R_1 = 2,4p$ и зазор между рабочей гранью пластин и зубом $K = 0,04p$

Числовые значения h_1 , S , e и B (мм) принимают в зависимости от p :

Шаг цепи p	h_1	S	e	B					
12,7	7	1,5	1,3	22,5	28,5	34,5	40,5	46,5	52,5
15,875	8,7	2	1,6	30	38	46	54	62	70
19,05	10,5	3	1,9	45	57	69	81	93	—
25,4	13,35	3	2,5	57	75	93	111	—	—