

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Обработка материалов давлением»

**В. Ф. Буренков**

## **СТАНИНЫ КРИВОШИПНЫХ ПРЕССОВ. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
по курсовому проектированию  
по дисциплине «Теория, расчеты и конструкции  
кузнечно-штамповочного оборудования»  
для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины  
и технология обработки материалов давлением»  
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2015

УДК 621.97.06(075.8)  
ББК 34.623я73  
Б91

*Рекомендовано научно-методическим советом  
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 8 от 23.09.2014 г.)*

Рецензент: доц. каф. «Детали машин» ГГТУ им. П. О. Сухого  
канд. техн. наук, доц. *А. Т. Бельский*

**Буренков, В. Ф.**  
Б91 Станины кривошипных прессов. Конструирование и расчет : учеб.-метод. пособие по курсовому проектированию по дисциплине «Теория, расчеты и конструкции кузнечно-штамповочного оборудования» для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» днев. и заоч. форм обучения / В. Ф. Буренков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 29 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Приведены требования к конструкции станин открытых и закрытых кривошипных прессов, изложены основы конструирования и методика прочностных расчетов, а также необходимый для расчетов справочный материал.

Для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.97.06(075.8)  
ББК 34.623я73

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2015

## ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ СТАНИН

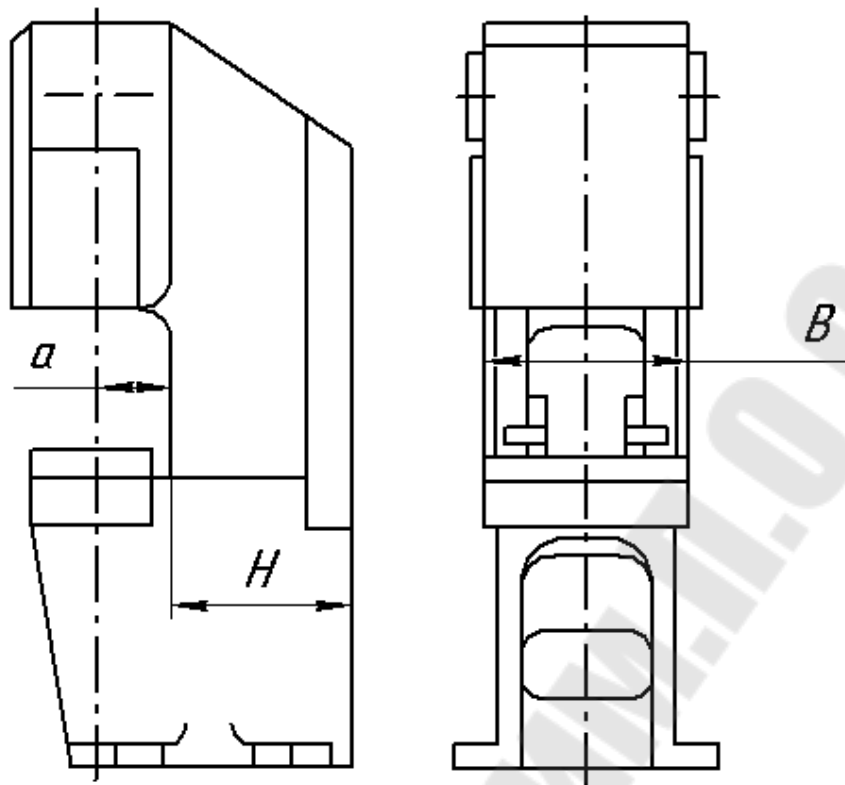
Станина кривошипной машины является замыкающим звеном, воспринимающим силовые факторы, которые возникают во время выполнения технологической операции. Она служит базой для установки и связи всех функциональных механизмов прессы. Конструкция станины определяется комплексом требований, основные из которых следующие: обеспечение необходимой точности штамповки при заданных размерах штампового пространства; простота конструкции и удобство обслуживания; обеспечение требуемой точности взаимного положения узлов и деталей при оптимальной прочности и жесткости конструкции; компактность конструкций всех узлов на станине; экономичность изготовления базовых деталей станины в соответствии с технологическими возможностями завода изготовителя; выполнение условий по оформлению прессы с точки зрения эргономики и технической эстетики. Совокупность перечисленных условий накладывает определенный отпечаток на каждую станину, поэтому конструктивное исполнение станин кривошипных машин многообразно.

Все станины можно подразделить на 4 группы: станины прессов (открытых и закрытых), станины листогибочных прессов и ножниц, станины горизонтально – ковочных машин и станины автоматов для холодной объёмной штамповки. В дальнейшем рассматривается расчет и конструирование станин первой группы, как наиболее распространенных и расчет которых чаще всего выполняется в курсовом проектировании.

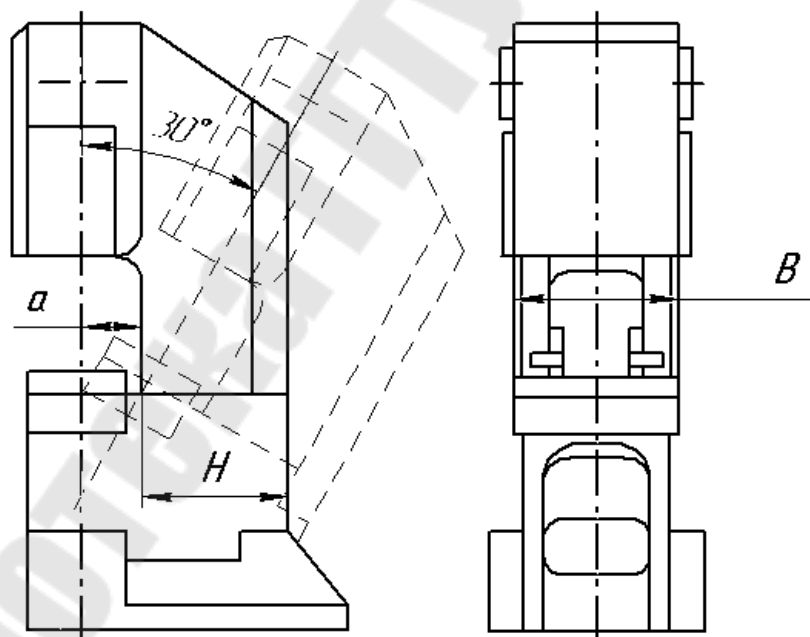
### 1 СТАНИНЫ ОТКРЫТЫХ ПРЕССОВ

#### 1.1 Классификация станин открытых прессов

У станин открытых прессов штамповочное пространство открыто с трех сторон: спереди и с боков. Стойки размещены с тыльной стороны штампового пространства (рис.1) и испытывают внецентренное растяжение (что равноценно растяжению и изгибу), поэтому в станине при действии технологической нагрузки возникают значительные линейные и угловые деформации. Опорные поверхности стола и ползуна прессы, которые без нагрузки параллельны, под действием нагрузки становятся непараллельными, что вызывает перекося верхней и нижней плиты штампа, при этом снижается точность штамповки и стойкость направляющих элементов



а)



б)

Рис. 1. Прессы с неподвижным столом:  
 а – ненаклоняемые; б – наклоняемые

штампа. Однако станины открытого типа удобны для обслуживания штампового пространства: подачи заготовок в штамп, удаления отштампованных изделий и отходов. Для удобства удаления отштампованных деталей станина может выполняться наклоняемой (рис.1б), состоящей из основания и стоек с направляющими и столом, при этом стойки с помощью механизма могут наклоняться на угол до  $30^{\circ}$ , что облегчает удаление отштампованных деталей в тару под действием силы тяжести (по склuzu). Открытые станины могут быть одностоечные (рис.2а) и двухстоечные (рис.2б).

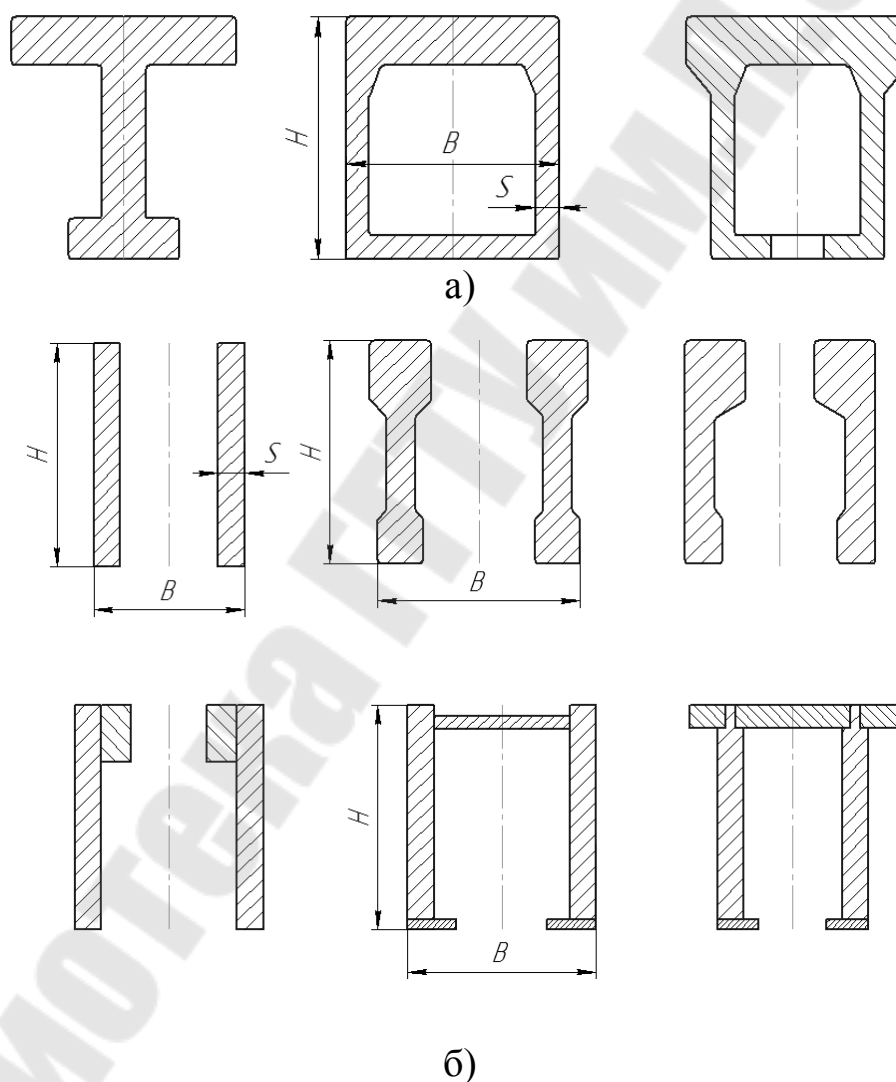


Рис. 2. Форма поперечного сечения станин открытого типа:  
 а - одностоечные станины; б - двухстоечные станины

Термин «одностоечный» и «двухстоечный» пресс применительно к прессам с открытой станиной является в значительной мере условным, т.к. станины таких прессов являются неразборными и поэтому так называемые «двухстоечные» прессы открытого типа фактически не имеют двух отдельных стоек.

В данном случае применяемая терминология связана с формой горизонтального сечения станины, проведенного на уровне стола пресса. У одностоечных открытых прессов это сечение обычно имеет коробчатую форму (замкнутую или разомкнутую), реже - двухтавровую. У двухстоечных прессов сечение станины в месте штампового пространства состоит из двух отдельных элементов (рис.2б), в связи с чем и связано название «двухстоечная станина». Одностоечные станины выполняются для прессов усилием до 4,5 МН при выполнении более точных работ и в тех случаях, когда жесткость пресса требуется более высокая. А двухстоечные станины более удобны и универсальны и применяются в наклоняемых прессах усилием до 1,6 МН, в ненаклоняемых до 4 МН. Станины могут выполняться литыми или сварными. Сварные конструкции экономически выгодны при малой серии выпуска, а также для прессов больших усилий, т.к. сварные стальные станины имеют высокую жесткость, что дает возможность снизить металлоёмкость пресса. Для прессов средних и небольших усилий (до 1 МН), которые выпускаются в больших количествах, станины, как правило, литые.

## 1.2 Выбор размеров сечения станин

Для расчета станины на прочность необходимо выбрать опасное сечение, его форму и размеры. Наиболее опасным является горизонтальное сечение на уровне стола пресса. Прежде всего, необходимо определить площадь этого сечения. Для чугунных литых станин площадь сечения устанавливается по эмпирическому соотношению [2], в зависимости от вылета станины  $a$ , то есть от расстояния между осью ползуна и краем сечения станины. Ось ползуна совпадает с центром отверстия под хвостовик штампа. Значения вылета станины приводятся в паспорте прессов, при отсутствии данных значение  $a$  для открытых однокривошипных прессов простого действия можно принять согласно ГОСТ 9408-89 из таблицы 1.

Таблица 1

**Значения вылета станины**

Номинальное усилие $P_H$ , кН	25	40	63	100	160	250
Вылет $a$ , мм	180	190	200	230	250	280

Номинальное усилие $P_H$ , кН	400	630	1000	1600	2500	4000
Вылет $a$ , мм	300	340	400	480	560	670

Минимальная площадь сечения станины  $F$ , мм<sup>2</sup>, рассчитывается по формуле:

$$F = kP_H, \quad (1)$$

где  $k$  выбирается из таблицы 2,  $P_H$  подставляется в формулу в кН.

Таблица 2

**Значения  $k$  для выбора минимальной площади сечения станины**

Тип станины	Значения $\frac{a}{\sqrt{P_H}}$ ( $a$ в мм; $P_H$ в кН)						
	8,0	9,0	10,0	11,2	12,5	14,0	16,0
Одностоечная	112	118	125	132	140	150	160
Двухстоечная	100	106	112	118	125	132	140

Выбрав площадь, можно определять размеры сечения. Обычно высота сечения  $H$  берется в зависимости от вылета  $a$ ;  $H=(2,0-3,5)a$  – для одностоечных прессов и  $H=(2,3-4,0)a$  – для двухстоечных прессов. Ширина сечения берется из соотношения  $\frac{H}{B} = 1,3-2,0$  (бóльшие цифры в соотношении относятся к прессам бóльших усилий). Для одностоечных литых станин коробчатого сечения можно принимать [3]  $\frac{H}{B}$  до 2,5 (дальнейшее увеличение малоэффективно), так как сечение при равной его площади будет иметь более высокие параметры жесткости при уменьшении толщины стенки и увеличении её габаритных размеров. На рис.2 показана форма сечений, применяемых в открытых прессах.

Для чугунных литых станин ( как одностоечных, так и двухстоечных) толщина боковых стенок изменяется в пределах 8-40 мм. (Эмпирическое соотношение  $S = 0.9\sqrt{P_H}$  ; при  $P_H$  в кН получается  $S$  в мм). Меньшие значения толщины принимать не рекомендуется, так как при остывании отливки из-за больших размеров поверхности возможно коробление и брак отливки. В пределах постоянной площади и габаритных размеров желательно большие массы материала накапливать в передней части сечения, это способствует увеличению момента инерции сечения. Кроме того, материал в передней части сечения испытывает под нагрузкой при изгибе деформацию растяжения, а в задней – сжатия (чугун лучше работает на сжатие , чем на растяжение), поэтому переднюю часть необходимо усиливать. Так например, толщина тыльной стенки (задней) для одностоечной станины коробчатого сечения принимается равной боковой, а толщина фронтальной (передней) стенки превышает в 2-3 раза толщину боковой. Численные соотношения для стальных сварных станин несколько иные. Площадь сечения принимается меньше приблизительно в 1,5-1,8 раза, что объясняется почти таким же соотношением модуля упругости стали и чугуна. Листы , как правило, берут одной толщины; иногда наряду со сваркой применяют соединение врезками.

### 1.3 Расчет станин на прочность

Выбор точной расчетной схемы для выполнения прочностных расчетов станин открытого типа является сложной задачей и окончательно данная задача не решена. Трудность заключается в том, что открытая станина представляет собой тело, близкое к монолитному, длина которого и размеры сечения соизмеримы (соотношение 1:3-1:5). Размеры сечения резко меняются, поэтому станину нельзя представить ни как брус , ни как раму, ни как пластину постоянного сечения.

Упрощенно расчетную схему станины открытого типа можно представить в виде незамкнутой рамы (рис.3)

При этом считают, что расположение стержней рамы совпадает с нейтральными осями сечений на соответствующих участках станины. При определении координат центров тяжести сечений различных участков рамы небольшими отклонениями от правильных



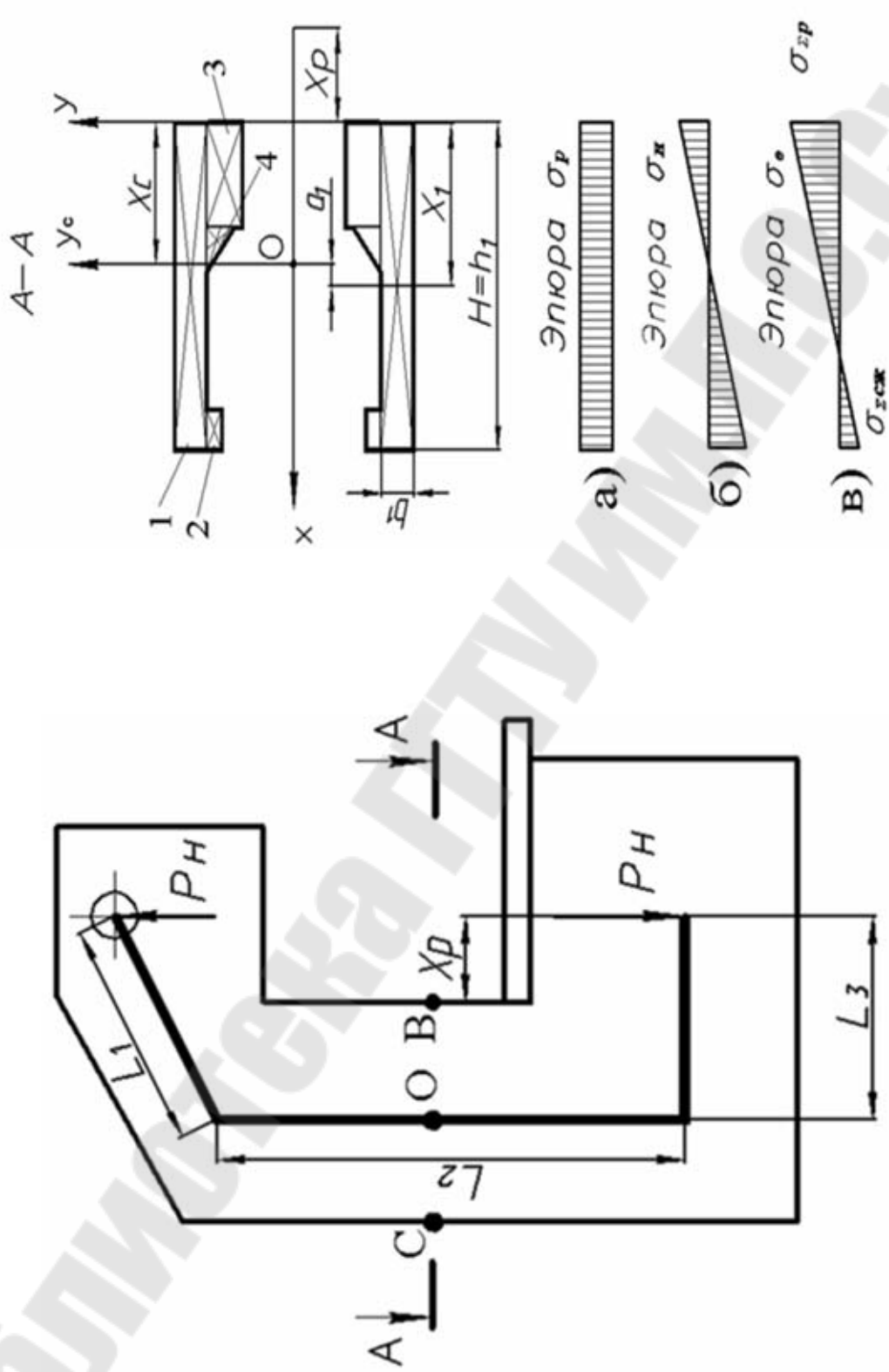


Рис. 3. Расчетная схема станины открытого типа и эюры напряжений в стойках:  
 а - от растягивающей нагрузки; б - от изгибающего момента; в - результирующая эюра напряжений

геометрических форм пренебрегают; усилия действующие на направляющие и горизонтальные составляющие не учитывают.

Станина открытого прессы при внецентренном приложении нагрузки испытывает кроме деформации растяжения стоек и их изгиб. Сечение станины на уровне штампового пространства прессы считается наиболее опасным.

Для расчета на прочность необходимо определить площадь сечения, его центр тяжести и момент инерции относительно центральной оси. Вначале сечение станины разбивается на простые элементы и находится центр тяжести каждого элемента. Для прямоугольного элемента центр тяжести будет находится в точке пересечения диагоналей, а треугольного в точке пересечения медиан (рис.4).

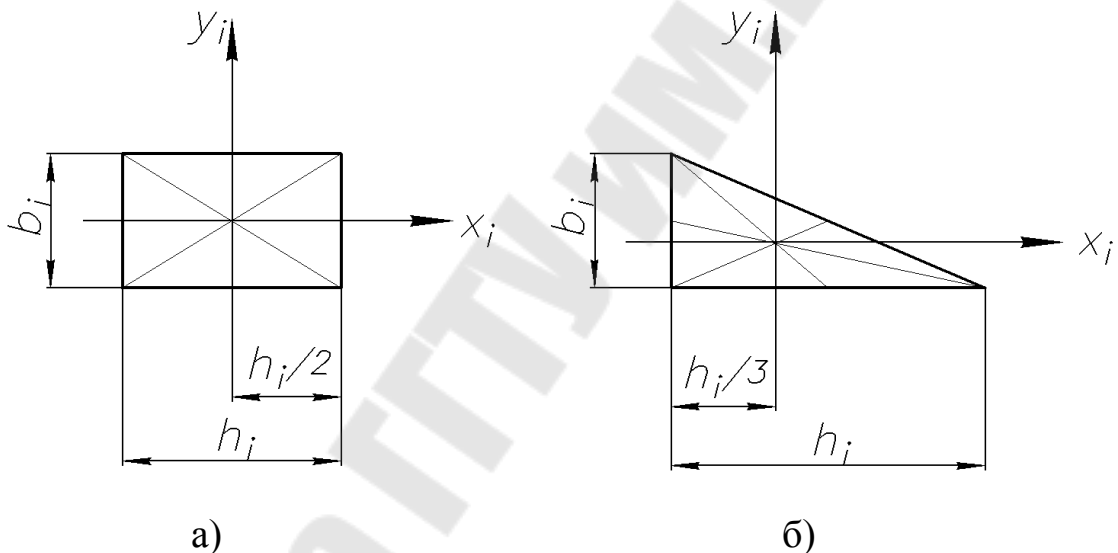


Рис.4. Форма элементов сечения станины:  
а - прямоугольное; б - треугольное

Координата центра тяжести расчетного сечения  $X_c$  определяется по формуле:

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n F_i x_i}{\sum_{i=1}^n F_i} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i x_i}{F} \quad (2)$$

где  $F_i$  – площадь отдельных элементов сечения станины в  $\text{мм}^2$ ;  
 $x_i$  – координата центра тяжести отдельных элементов сечения относительно произвольной оси, мм;  
 $F$  – площадь расчетного сечения станины.

Произвольная ось  $y$  проводится в любом месте сечения станины, однако удобнее её проводить по краю сечения.

Затем проводится центральная ось  $Y_c$  через центр тяжести сечения (в точке  $O$ ).

Момент инерции сечения относительно центральной оси  $Y_c$  выражается как сумма моментов инерции составляющих элементов относительно этой оси:

$$I_{yc} = \sum_{i=1}^n I_{iyc} = \sum_{i=1}^n (I_{yi} + a_i^2 F_i), \quad (3)$$

где  $I_{yi}$  – момент инерции составляющих элементов относительно собственных центральных осей  $y_i$ ,  $\text{мм}^4$ ;

$a_i$  – расстояние между осями  $y_c$  и  $y_i$  ( $a_i = |x_i - x_c|$ ),  $\text{мм}$ .

для прямоугольных элементов (рис.4 а):

$$I_{yi} = b_i h_i^3 / 12, \quad (4)$$

для треугольных элементов (рис.4 б):

$$I_{yi} = b_i h_i^3 / 36, \quad (5)$$

Напряжения в расчетном сечении определяются по формулам: растяжения  $\sigma_p$ , МПа, от номинального усилия  $P_n$ :

$$\sigma_p = \frac{P_n}{F}, \quad (6)$$

изгиба  $\sigma_{из}$ , МПа, от момента  $M_{из} = P_n (x_p + x_c)$  ( $x_p$  – расстояние от

линии действия  $P_n$  до края сечения станины:  $x_p = a$ , где  $a$  вылет станины)

$$\sigma_{из} = \frac{M_{из} \cdot x}{I_{yc}}, \quad (7)$$

где  $x$  – расстояние от центральной оси  $y_c$  до сечения в котором определяются напряжения изгиба.

При изгибе крайние волокна, расположенные на уровне точки  $B$  (см. рис.3), испытывают деформацию растяжения (расстояние  $x = x_c$ ), на уровне точки  $C$  – напряжения сжатия ( $x = H - x_c$ ).

Суммарные напряжения растяжения  $\sigma_{\Sigma p}$ , МПа (точка  $B$ ):

$$\sigma_{\Sigma p} = \frac{P_H}{F} + \frac{M_{и} \cdot x_c}{I_{yc}}, \quad (8)$$

В точке  $C$  напряжения суммируются с учетом знака (обычно напряжения сжатия превышают напряжения растяжения) поэтому  $\sigma_{\Sigma сж}$ , МПа, рассчитываются по формуле:

$$\sigma_{\Sigma сж} = \frac{P_H}{F} - \frac{M_{и}(H - x_c)}{I_{yc}}, \quad (9)$$

Эпюры напряжений, действующих в стойках станины открытого типа, представлены на рис.3. Расчетные напряжения растяжения в опасных сечениях станины не должны превышать допустимых: для чугунных литых станин  $[\sigma] \cong 0,1\sigma_B$ , для стальных литых  $[\sigma] = (0,15 \div 0,20)\sigma_B$ , стальных сварных  $[\sigma] = (0,2 \div 0,3)\sigma_B$ . Малое значение допустимых напряжений гарантирует достаточную надежность и долговечность работы станин.

Величина допускаемых напряжений в элементах станин различных прессов приведена в таблице 3.

## 2 СТАНИНЫ ЗАКРЫТЫХ ПРЕССОВ

### 2.1 Особенности конструкций и применение

В станинах закрытых прессов штамповое пространство открыто с двух сторон: спереди и сзади; в станинах можно выделить основные элементы: основание (стол), две стойки и верхнюю поперечину (траверса или головка). Основание устанавливается на фундамент и выполняет функцию связующего звена между узлами станины. В его нижней части расположены опорные элементы, с помощью которого пресс устанавливается на фундамент, а верхняя часть является базой для монтажа силовых узлов пресса.

В зависимости от назначения и типа пресса в основании могут размещаться выталкиватели, подушки и другие вспомогательные механизмы. В верхней части станины располагается траверса, в которой размещается главный вал с механизмом привода. Замыкающим силовым звеном между столом и траверсой являются стойки.

Таблица 3

Допускаемые напряжения  $[\sigma]$ , МПа, в станинах

кривошипных прессов (без учета концентрации напряжений)

Наименование пресса	Элемент станины	Род нагружения	Материал станины или её элемента				
			СЧ 25	СЧ 30	КЧ 45-5	Сталь 35Л	Прокат Ст.3
Кривошипный открытый двухстоечный и одностоечный	станина	растяжение	12	15	20	35	40
		сжатие	25	30	40	40	50
Кривошипный закрытый простого и двойного действия	траверса стол	изгиб	25	30	40	75	80
	стойки	сжатие	50	55	60	75	80
Кривошипный горячештамповочный	станина	изгиб	-	-	-	25	40
		сжатие	-	-	-	75	80
Чеканочный кривошипно-коленный	траверса стол	изгиб	40	45	60	70	80
	стойки	сжатие	75	85	100	-	-
Многопозиционный листоштамповочный автомат	траверса стол	изгиб	25	30	40	-	50
	стойки	сжатие	50	55	60	-	50

В стойках размещают направляющие ползуна, гидро-, электро- и пневмооборудование, коммуникации. В стойках на уровне стола имеются окна прямоугольного сечения для подачи вдоль фронта полосового и ленточного материала или штучных заготовок. Основание, стойки и траверса могут быть выполнены как одна деталь или раздельно (рис.5).

В последнем случае, указанные элементы станины соединяют стяжными шпильками, которые можно применять и при цельном исполнении станины для создания предварительного напряжения в стойках. Закрытые станины, ввиду симметричного расположения стоек относительно оси прессы имеют большую жесткость, чем открытые и позволяют осуществлять более точную штамповку.

В прессостроении нашли применение три типа закрытых станин: цельные без предварительного напряжения, цельные с предварительным напряжением и составные с предварительным напряжением (рис.5).

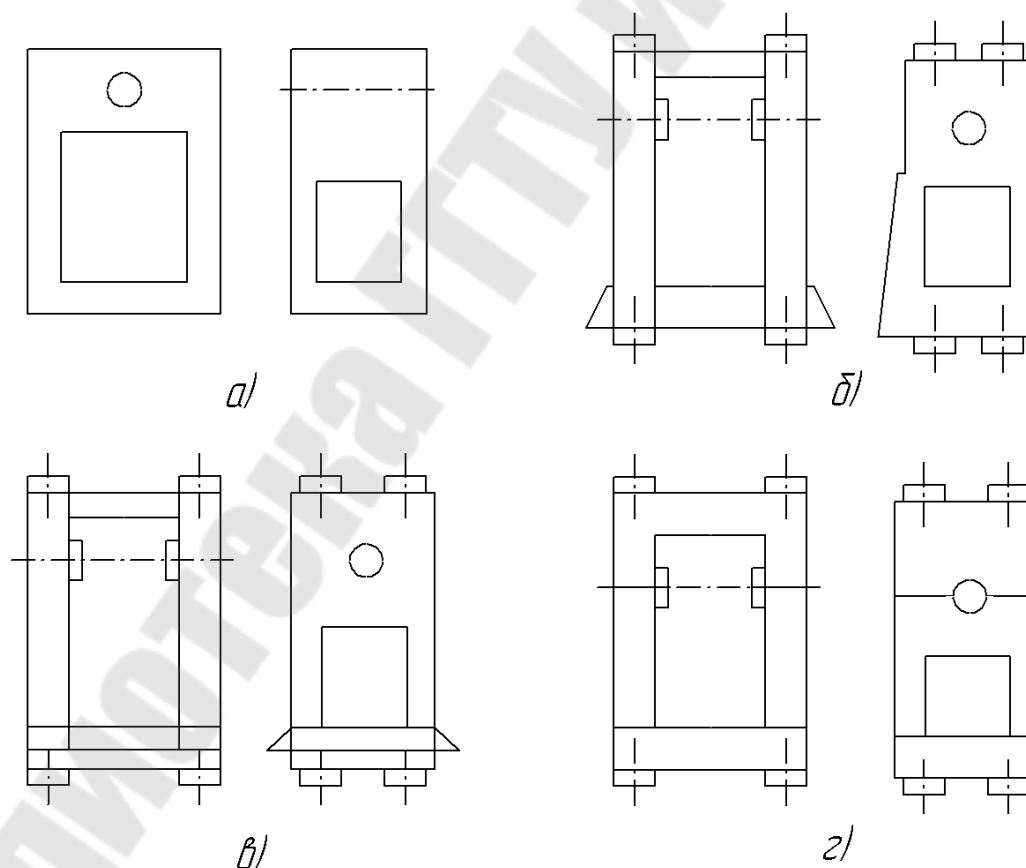


Рис.5. Конструктивное исполнение закрытых станин:  
 а – цельная; б – цельная со стяжными шпильками; в – составная с одним разъемом; г – составная с двумя разъемами

Недостаток цельных станин - это наличие концентраторов напряжений в зонах перехода стоек к основанию и траверсе, поэтому их применяют для прессов сравнительно небольших усилий (0,16-6,3 МН), с предварительным напряжением - до 10 МН. При конструировании тяжелых прессов предпочтение отдают составным станинам с предварительным напряжением, основание, стойки и траверсу которых при сборке соединяют стяжными шпильками. В зависимости от габаритов штампового пространства их может быть 2, 4, 6 или 8. Для фиксации и облегчения сборки на сопрягаемых плоскостях составных станин закладывают призматические шпонки.

Станины КГШП (рис.6) обычно имеют плоскость разъема на уровне стола, верхняя часть П-образной формы выполняется сварной из проката марки Ст.3 толщиной 10-140 мм, нижняя часть (основание) отливается из стали 30Л,45Л. Станины листоштамповочных прессов больших усилий составные с двумя плоскостями разъема и выполняются сварными или сварно-литыми.

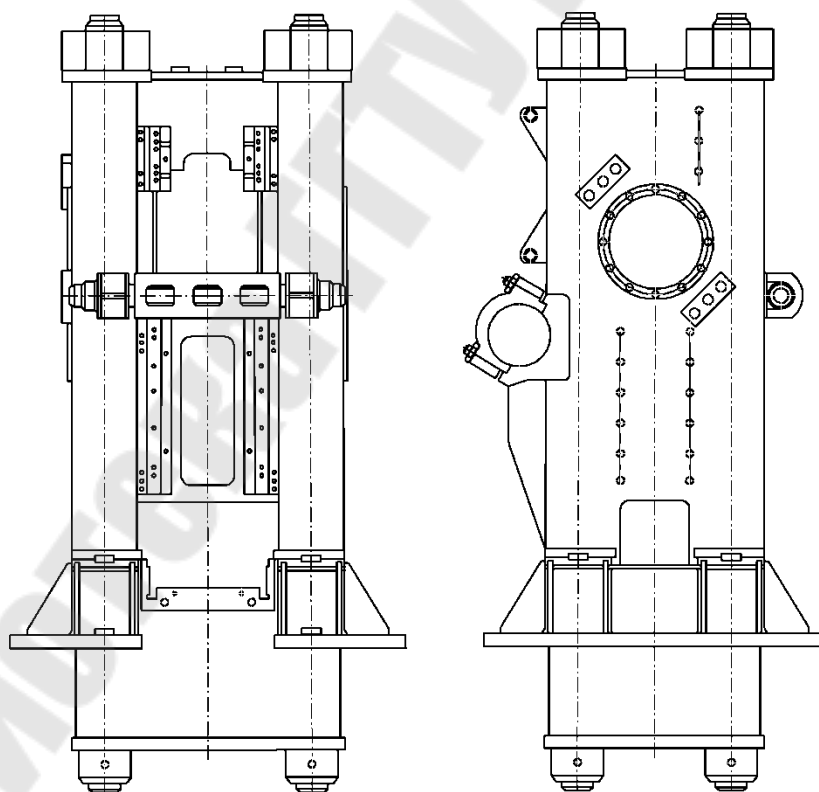


Рис.6. Конструктивное исполнение станины КГШП

На конструкцию станины помимо технологического назначения машины влияют расположение, исполнение и условия работы привода. Так например, при открытом приводе траверса закрытой станины более компактна, но условия работы хуже из-за консольно расположенных зацеплений.

Расположение приводных валов перпендикулярно фронту уменьшает габариты станины в плане, а их расположение параллельно фронту уменьшает высоту траверсы. Привод в закрытых прессах, как правило, многоступенчатый, что требует наличия в траверсе соответствующих опор, воспринимающих реакцию валов и осей. Привод может быть расположен не только в траверсе, но и в других базовых элементах: стойках, ползуне, столе. Высота станины уменьшается при использовании кулисного или кругового главного исполнительного механизма привода ползуна.

В составных станинах разъем осуществляется на уровне стола, при двух плоскостях разъема разъем также выполняется в верхней части по оси главного вала (рис.5г). В современных конструкциях на стяжных шпильках, соединяющих составную станину, размещают гидрогайки (рис.6), которые затягивают станину и с помощью которых можно вывести пресс из распора. В станинах прессов усилием более 25МН для облегчения транспортировки опоры приёмного вала выполняют разъёмными (рис.6). В боковых стойках для подачи и удаления заготовок и материала делают окна размером 300-1500 мм. Соотношение их высоты к ширине 1:2. В последних конструкциях для средств механизации и автоматизации увеличивают ширину окон. Для установки на фундамент в станинах предусмотрены опоры, которые могут располагаться на уровне или выше нижней плоскости основания. Опоры выполняют в виде ребренных выступов, расположенных поперек стола. Для придания жёсткости в столах делают вертикальные рёбра, а верхний и нижний листы выполняют в 3-5 раз толще основных листов (рис.7).

В верхних листах стола выполняются отверстия для крепления подштамповых плит. В подштамповых плитах предусматриваются Т-образные пазы для крепления штампов и отверстия для выталкивателей. В прессах небольших усилий для листовой штамповки могут выполняться окна в столе для удаления отштампованных деталей или отходов.



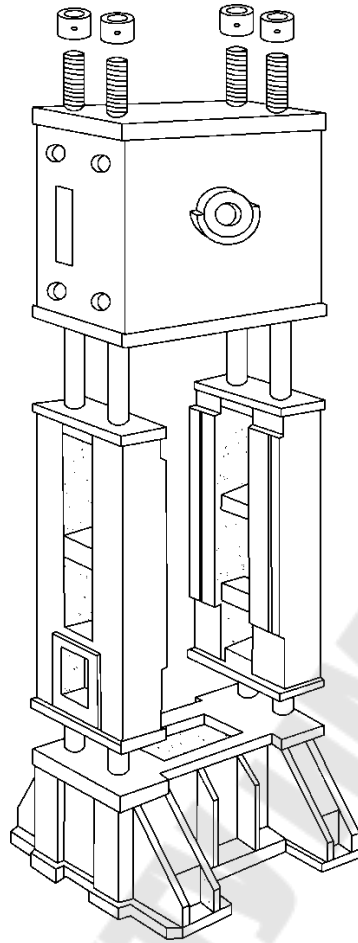


Рис.7. Составная станина с двумя плоскостями разъема

Стойки проектируют с таким расчетом, чтобы в них можно было разместить стяжные шпильки, коммуникации, аппаратуру, а иногда уравнивающие устройства. Основные силовые листы стоек имеют толщину 16 - 100 мм. Форма стоек - коробчатая, причем основную нагрузку несут листы, расположенные параллельно фронту прессы, или боковые листы (рис.8).

Основой некоторых станин являются два листа (передний и задний), которые соединяются посредством поперечных стенок и стяжек. Основание стола, направляющие, опоры валов и осей базируются на этих листах. Такие конструкции используют для прессов усилием до 4 МН при расположении привода перпендикулярно фронту. Окна в стойках при таком исполнении не ослабляют конструкцию. В зонах боковых окон стойки усиливаются ребрами, в них также предусматриваются опорные плиты для крепления средств механизации.

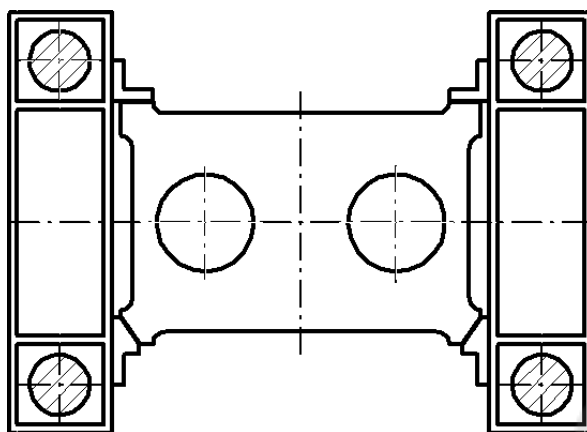


Рис.8. Форма сечения стоек станины закрытого пресса

Размеры и конфигурация траверсы зависят от типа исполнения привода. При закрытом приводе для размещения зубчатых передач и рычажных механизмов делают полости. Длинные сварные швы освобождаются от значительных нагрузок. В траверсах спереди и сзади находятся опоры для верхних выталкивателей, которые выполняются на нижних листах, в этих же листах делают отверстия для шатунов, плунжеров, уравнивателей.

При разъемных конструкциях станин, в траверсе предусматривают специальные опорные плоскости под гайки стяжных шпилек, а в нижнем листе делают вырез под шатун. Передние и задние стенки часто изготавливают из трех листов, которые в месте опор эксцентрика сваривают с целым толстым листом, а в верхней части соединяют с поперечным ригелем, выполненным из целого листа. В последнем размещают опоры промежуточных валов. В зоне шпилек предусматривают колодцы прямоугольного или круглого профиля.

При проектировании сварных станин, как цельных, так и разъемных, особое внимание необходимо уделять целесообразному распределению металла по сечениям. Анализ конструкций станин передовых фирм показывает, что за счет рационального расположения ребер и перегородок в наиболее нагруженных местах масса станины может быть уменьшена на 8 -17%.

Сборка станины является сложным и трудоемким процессом при монтаже пресса, наиболее ответственный момент сборки – затяжка станины. Затяжку станины можно производить несколькими способами: механическим с применением гайковертов, наворачиваемых на конец шпилек и приводимых в действие от электродвигателя через редуктор; при термической затяжке шпильки

нагревают и после их температурного удлинения заворачивают гайки до упора в корпус. Возможна затяжка с использованием индукционного нагрева, в некоторых конструкциях прессов применяются гидрогайки. Все применяемые способы затяжки не гарантируют создания расчетного усилия и напряжений в стягиваемых элементах станины, что может быть причиной раскрытия стыков при эксплуатации (из-за недостаточной затяжки) или разрушения шпилек или их резьбового соединения (из-за чрезмерной затяжки). Обычно угол поворота гаек при затяжке (гайки затягивают попарно диагонально) для листоштамповочных однокривошипных прессов 240-260°, двухкривошипных 265-400°, четырехкривошипных 360-420°.

## 2.2 Расчет закрытых станин

Цельные станины без предварительного напряжения могут рассчитываться как брус или как рама. Большинство станин можно представить в виде рамы, расчет которых изложен в литературе [2,3].

В прессостроении наибольшее распространение получили составные станины с одной или двумя плоскостями разъёма, соединённые с помощью шпилек, последовательность конструирования и расчета таких станин приводится ниже.

Вначале задаются количеством стяжных шпилек  $i$  (обычно их число равно четырём) и по таблице 4 в зависимости от номинального усилия пресса и его типа рассчитывается диаметр шпильки  $d_1$  в проточке. Полученный размер округляется до ближайшего по нормали КК26-1 (таблица 5) и определяется диаметр шпильки  $d$ .

Затем по таблице 6 выбирается коэффициент  $n$ , исходя из которого рассчитывается средняя площадь поперечного сечения стоек  $F_{ст.ср}$ , мм<sup>2</sup>:

$$F_{ст.ср} = n \cdot F_{шп} \quad (10)$$

где  $F_{шп}$  - площадь поперечного сечения шпильки,  $F_{шп} = \pi \cdot d^2 / 4$

Для КГШП рекомендуется [4] среднюю площадь сечения стоек выбирать из соотношения 40-50 мм<sup>2</sup> на 1 кН номинального усилия для сварных цельных станин без стяжных шпилек, 60-70 мм<sup>2</sup> на 1 кН

– для литых станин и 30-50 мм<sup>2</sup> на 1 кН – для разъемных станин со стяжными шпильками.

Площадь сечения стойки можно определить также из условия её прочности при затяжке шпилек (см. формулу 13).

Расчётная длина стойки  $l_{ст}$  или длина её растягиваемой части  $l_0$  (для станин с одной плоскостью разъёма) выбирается из соотношения:

$$m = \frac{l_0}{l_{шп}} = \frac{l_{ст}}{l_{шп}} = 0,5 - 0,7 \quad (11)$$

где  $l_{шп}$  - расчётная длина шпильки  $l_{шп} = l_{стан} + H$ ,

здесь  $l_{стан}$  - длина станины;

H - высота гайки.

Размеры станины можно определить исходя из габаритных размеров пресса, высоту гайки обычно принимают равной 1,2 - 1,6 диаметра резьбы  $d$ .

После составления эскиза станины (рис.9) определяется усилие затяжки гаек  $P_{гат}$  и производится проверка напряжений  $\sigma_{ст}$ , возникающих в стойках при затяжке гаек

$$P_{гат} = \varphi_3 \cdot P_H \quad (12)$$

где  $\varphi_3$  - коэффициент, значение которого выбирается в зависимости от типа пресса из таблицы 7;  $P_H$  - номинальное усилие пресса

$$\sigma_{ст} = \frac{P_{гат}}{2 \cdot F_{ст.мин}} \leq [\sigma_{сж}] \quad (13)$$

где  $F_{ст.мин}$  - минимальная площадь поперечного сечения стойки, мм<sup>2</sup>.

$[\sigma_{сж}]$  - допустимое напряжение сжатия в стойках, МПа, выбирается из таблицы 3.

Форма поперечного сечения стоек приведена на рис.8.

Сечение стойки с минимальной площадью находится на уровне стола пресса, где расположены окна для подачи материала и устанавливаются средства механизации (см. стр.17).

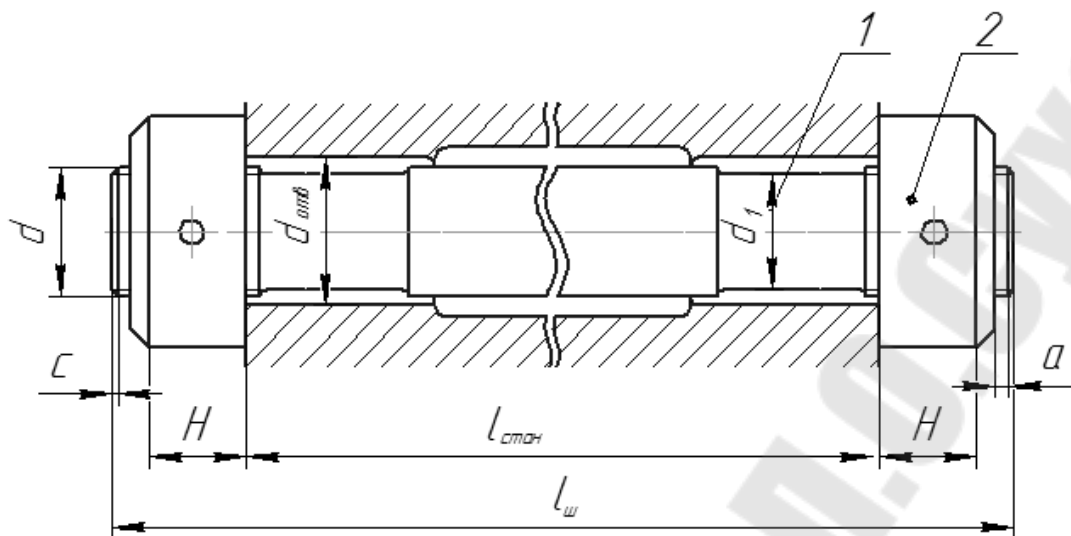
### Выбор диаметра стяжной шпильки

Прессы закрытые двухстоечные. (Данные приведены для четырех шпилек. При ином числе шпилек полученный диаметр следует умножить на коэффициент  $K_1$ . При двух шпильках  $K_1=1,4$ , при шести шпильках  $K_1=0,82$ )

Таблица 4

Наименование прессы	Номинальное усилие прессы, кН	Формула для расчета диаметра, мм
Однокривошипный простого действия	Для прессов всех усилий	$d_1 = 2,1\sqrt{P_H}$
Двухкривошипный простого действия	$\leq 5000$	$d_1 = 2,4\sqrt{P_H}$
	$\geq 6300$	$d_1 = 2,1\sqrt{P_H}$
Четырехкривошипный простого действия	Для прессов всех усилий	$d_1 = 2,4\sqrt{P_H}$
Однокривошипный двойного действия	$P = P_{np} + P_e$	$d_1 = 2,1\sqrt{P}$
Двухкривошипный двойного действия	$P = P_{np} + P_e$	$d_1 = 2,1\sqrt{P}$
Чеканочный кривошипно-коленный	Для прессов всех усилий	$d_1 = 1,9\sqrt{P_H}$
Листоштамповочный многопозиционный	То же	$d_1 = 2,4\sqrt{P_H}$
Кривошипный горячештамповочный	То же	$d_1 = 2,1\sqrt{P_H}$
Примечание. $P_H$ - номинальное усилие прессы, $P$ - суммарное усилие для прессов двойного действия, $P_{np}$ - усилие наружного ползуна, $P_e$ - усилие внутреннего ползуна.		
Внутренний диаметр резьбы $d_1$ , мм	Шаг $S$ , мм	Глубина резьбы $t_2 = 0,649S$ , мм
45-50	2	1,5
55-100	3	1,95
110-340	4	2,6
380-440	6	3,9
$d = d_1 + 2t_2$ ; полученный диаметр округлить до ближайшего по нормали КК26-1 (табл.5)		

Таблица 5



Обозначение резьбы $d$	$d_{омб}$ не более	$a$	$c$	$H+a+c$	Обозначение резьбы $d$	$d_{омб}$ не более	$a$	$c$	$H+a+c$
2М45х2	52	6	5	61	1М150х4	170	10	10	170
2М52х2	60	6	5	66	1М170х4	190	10	10	190
2М56х3	65	7	8	75	1М190х4	210	10	10	210
2М64х3	75	7	8	80	1М210х4	230	12	10	232
2М72х3	85	7	8	90	1М240х4	265	12	10	262
2М80х3	95	7	8	95	1М270х4	295	12	10	292
2М90х3	105	7	8	105	1М300х4	330	12	10	322
2М100х3	115	8	8	116	1М340х4	375	13	10	363
1М110х4	125	8	10	128	М380х6	420	13	15	408
1М125х4	140	9	10	149	М440х6	485	14	15	469
1М135х4	155	9	10	159					

Длина стяжной шпильки  $l_w = 2(H+a+c) + l_{стан}$

Размер  $l_w$  округляется до стандартных значений.

#### Спецификация

№ детали	Наименование	Количество	Материал
1	Шпилька стяжная	1	Сталь 45 ГОСТ1050-88
2	Гайка круглая специальная	2	Сталь 45 ГОСТ1050-88

Таблица 6

Значения коэффициента  $n$ 

Типы прессов	Коэффициент $n$ при материале станины	
	Чугун	Сталь
Однокривошипные простого действия	7-8	4-6
Тяжелые однокривошипные, двухкривошипные, четырехкривошипные	-	5-6,5
Чеканочные	5-8	-
Двойного действия	5-8	4-6
Кривошипные горячештамповочные	-	10-12
Листоштамповочные многопозиционные	-	4-7

Таблица 7

Значения коэффициента  $\varphi_3$ 

Типы прессов	Значения коэффициента $\varphi_3$
Чеканочные кривошипно - коленные	1,07
Вытяжные всех типов	1,2
Листоштамповочные однокривошипные и горячештамповочные	1,3
Листоштамповочные двухкривошипные и многопозиционные	1,4

Для определения угла поворота гаек при затяжке станины необходимо найти деформацию шпилек и станины.

Удлинение шпильки  $\lambda_{шп}$  при затяжке, мм:

$$\lambda_{шп} = \frac{P_{зат} \cdot l_{шп}}{i \cdot F_{шп.пр} \cdot E_{шп}} \quad (14)$$

где  $F_{шп.пр}$  - расчётная приведенная площадь сечения шпильки, мм<sup>2</sup>;

$E_{шп}$  - модуль упругости материала шпильки, МПа, для стали:

$$E_{шп} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

$$F_{шп.пр} = \frac{0,85d \cdot l_{шп}}{l_1 + 2,3l_2 + 2l_3} \quad (15)$$

где  $l_{шп}$ ,  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  - размеры, мм, указаны на рис.9б.

Укорочение станины  $\lambda_{стан}$  при затяжке шпилек, мм:

$$\lambda_{стан} = \lambda_c + \lambda_{ст} + \lambda_{тр} \quad (16)$$

где  $\lambda_c$  - укорочение стола при затяжке, мм;

$\lambda_{ст}$  - укорочение стоек при затяжке, мм;

$\lambda_{тр}$  - укорочение траверсы при затяжке, мм

$$\lambda_c = \frac{P_{зат} \cdot l_c}{F_{с.пр} \cdot E_c} \quad (17)$$

где  $l_c$  - высота стола, мм (рис.9);

$E_c$  - модуль упругости материала стола, МПа;

$F_{с.пр}$  - приведенная площадь сечения стола, мм<sup>2</sup>

При затяжке шпилек в деформации участвует только часть поперечного сечения соединяемых элементов станины. Условно можно принять, что деформация при затяжке гаек распространяется в глубь по конусам с углом 45° (см.рис.9). При этом объем этих конусов приравнивается к объему цилиндров, т.е. конуса заменяются цилиндрами эквивалентной жесткости.

$F_{с.пр}$  определяется по формуле:

$$F_{с.пр} = \frac{l_c}{\frac{2 \cdot l_c'}{F_c + F_c'} + \frac{2 \cdot l_c''}{F_c' + F_c''} + \frac{l_c'''}{F_c'''}} \quad (18)$$

Укорочение стойки при затяжке, рассчитывается по формуле:

$$\lambda_{см} = \frac{P_{зат} \cdot l_{см}}{2F_{см.пр} \cdot E_{см}} \quad (19)$$



где  $E_{cm}$  - модуль упругости материала стойки, МПа.

$$2F_{cm.np} = 2F_1 \cdot \frac{l_{cm}}{l_1 + l_2 \frac{F_1}{F_2} + \dots + l_i \frac{F_1}{F_i}} \quad (20)$$

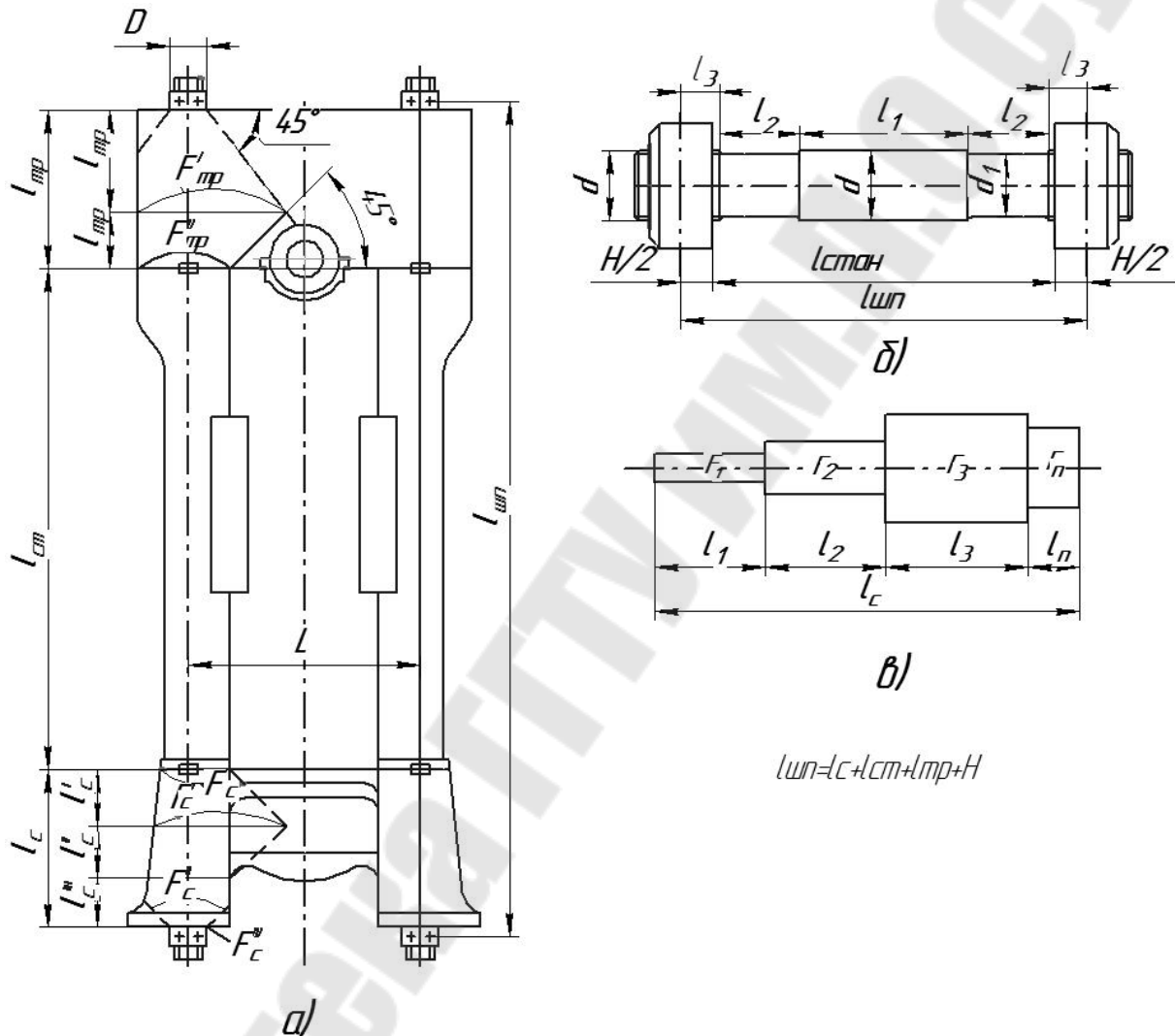


Рис.9. Станина однокривошипного закрытого двухстоечного прессы:  
 а – составная (разъемная станина); б – стяжная шпилька с гайками;  
 в – схема к расчету приведенного сечения

Стойка с различными площадями сечения по длине показана на рис.9. (условная схема):  $F_1 = F_{cm.min}$  ( см. формулу 13).

Укорочение траверсы при затяжке,  $\lambda_{тр}$ , мм, (см. рис.9)

$$\lambda_{тр} = \frac{P_{зат} \cdot l_{тр}}{2F_{тр.пр} \cdot E_{тр}}, \quad (21)$$

где

$$F_{тр.пр} = F_1 \cdot \frac{l_{тр}}{\frac{2l'_{тр}}{F'_{тр} + F''_{тр}} + \frac{2l''_{тр}}{\frac{\pi D^2}{4} + F''_{тр}}}, \quad (22)$$

где  $D$  – наружный диаметр гайки;  $D \approx 2d$

При наличии в стойке и траверсе большого количества сечений, разных по площади, среднюю приведенную площадь  $F_{пр}$  определяют по формуле:

$$F_{пр} = F_{min} \cdot \frac{l_{min}}{l_{min} + l_2 \cdot \frac{F_{min}}{F_2} + \dots + l_i \cdot \frac{F_{min}}{F_i}} \quad (23)$$

Для стола и траверсы учитывается только площадь, ограниченная контуром стойки.

Угол поворота гайки при затяжке шпилек  $\alpha_r$ , рассчитывается по формуле:

$$\alpha_r = 360 \cdot \frac{\lambda_{шп} + \lambda_{стан}}{S} \quad (24)$$

где  $S$  – шаг резьбы.

Далее определяются силовые параметры затянутого соединения.

Для однокривошипных прессов за расчетную (внешнюю) нагрузку  $P$  принимается номинальное усилие  $P_n$ , а двух- и четырехкривошипных прессов, увеличенное в  $1,1 \div 1,2$  раза, т.е.  $P = (1,1 \div 1,2) P_n$ .

Диаграмма затянутого соединения представлена на рис.10. После приложения внешней нагрузки  $P$  к затянутому соединению шпильки дополнительно растягиваются на некоторую величину, а деформация сжатия элементов станины уменьшается на эту же величину, т.е. только часть внешней нагрузки дополнительно нагружает шпильки, а другая часть идет на разгрузку стыков.

Приращение нагрузки на шпильки будет равно  $\chi P$ , а уменьшение затяжки стыков –  $(1-\chi P)$  ( $\chi$  – коэффициент внешней нагрузки, учитывающий долю внешней нагрузки приходящейся на предварительно затянутые шпильки).

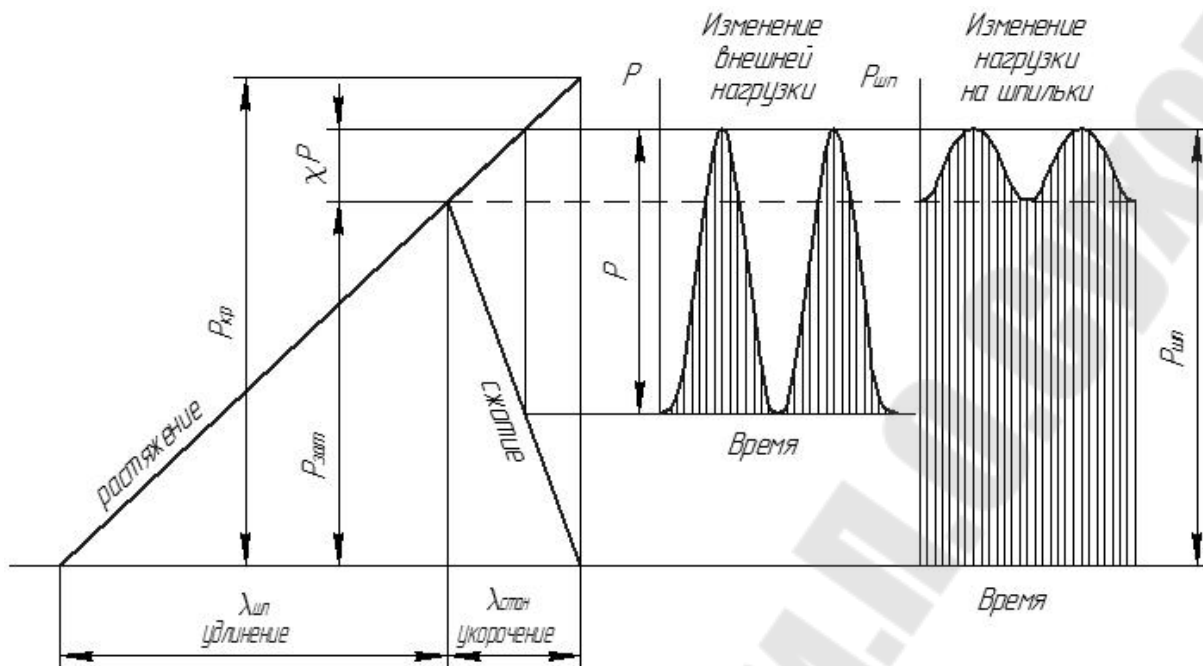


Рис.10. Диаграмма затянутого соединения системы стяжные шпильки-станина при переменной внешней нагрузке

Величина коэффициента  $\chi$  рассчитывается как отношение суммарной податливости соединяемых деталей станины  $\delta_{стан}$  к податливости шпилек  $\delta_{шп}$  и станины  $\delta_{стан}$ . Податливость  $\delta$  определяется как удлинение (укорочение) под действием единичной силы, т.е.  $\delta=l/(EF)$  ( $l$  – длина детали участвующей в деформации;  $E$  – модуль упругости детали;  $F$  – площадь поперечного сечения). В приближенных расчетах принимают  $\chi=\delta_{стан}/(\delta_{стан}+\delta_{шп})\leq(0,2\div 0,3)$ . В случае полной разгрузки стоек при работе (нагрузка  $P_{кр}$ ) стыки раскрываются, что при переменной нагрузке приводит к появлению дополнительных напряжений ударного характера, поэтому стыки должны оставаться плотными.

Напряжения в шпильке при расчетной нагрузке  $P_{шп}$ :

$$\sigma_{шп} = \frac{4P_{шп}}{\pi \cdot d_1^2 \cdot i}, \quad (25)$$

где  $P_{шп} = P_{зат} + P \cdot \lambda_{стан} / (\lambda_{стан} + \lambda_{шп})$ ;

$d_1$  – диаметр проточки шпильки;

$i$  – число шпилек

Изменение внешней нагрузки при работе пресса происходит отнулевому (пульсационному) циклу. Прочность шпилек при

действию переменных нагрузок (рис.10) оценивается двумя коэффициентами запаса: по амплитуде цикла ( $n_a$ ) и наибольшему напряжению цикла ( $n_T$ ).

$$n_a = \frac{\sigma_{-1p} \cdot F_{шт.штн} \cdot i}{2,25(P_{шт} - P_{зам}) \cdot c} > 2,5 \quad (26)$$

Для шпилек из стали 45 предел выносливости при растяжении  $\sigma_{-1p} = 240$  МПа; коэффициент  $c=1$  при четырех шпильках,  $c=1,25$  при шести шпильках,  $c=0,5$  при двух шпильках.

Коэффициент запаса прочности относительно предела текучести (для стали 45  $\sigma_T = 340$  МПа):

$$n_T = 130 \cdot \frac{d^2 \cdot i}{P_{шт} \cdot c} > 1,5 \quad (27)$$

где  $d$  – диаметр резьбы шпильки

Для составных станин стол и траверса рассчитываются на прочность и жесткость как балки на двух опорах, за опоры принимают оси стяжных шпилек. Методика расчета изложена в литературе [3,5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кривошипные кузнечно-штамповочные машины/ В.Н. Власов, А.Я. Бозрыкин, И.К. Букин-Батырев и др. Под ред. В.И. Власова. М.: Машиностроение, 1982. – 424с.
2. Живов, Л.И. , Овчинников, А.Г. , Складчиков, Е.Н. Кузнечно – штамповочное оборудование/ Под ред. Л.И. Живова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 560с.
3. Ланской, Е.Н. , Банкетов, А.Н. Элементы расчета деталей и узлов кривошипных прессов. – М.: Машиностроение, 1966. -380с.
4. Игнатов, А.А. , Игнатова, Т.А. Кривошипные горячештамповочные прессы. М.: Машиностроение, 1974. – 352с.
5. Кузнечно – штамповочное оборудование/ А.Н. Банкетов и др. М.: Машиностроение, 1982. -576с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ СТАНИН.....	3
1 СТАНИНЫ ОТКРЫТЫХ ПРЕССОВ.....	3
1.1 Классификация станин открытых прессов.....	3
1.2 Выбор размеров сечения станин.....	6
1.3 Расчет станин на прочность.....	8
2 СТАНИНЫ ЗАКРЫТЫХ ПРЕССОВ.....	12
2.1 Особенности конструкций и применение.....	12
2.2 Расчет закрытых станин.....	19
ЛИТЕРАТУРА .....	28

**Буренков Валерий Филиппович**

**СТАНИНЫ КРИВОШИПНЫХ ПРЕССОВ.  
КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ**

**Учебно-методическое пособие  
по курсовому проектированию  
по дисциплине «Теория, расчеты и конструкции  
кузнечно-штамповочного оборудования»  
для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины  
и технология обработки материалов давлением»  
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 23.04.15.

Пер. № 158Е.  
<http://www.gstu.by>