

ГИДРОСТРОИТЕЛЬСТВО



ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

# РАСЧЕТ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ ЗАТВОРА

Евсеев Д.П.  
СБ20-01М

# Расчет обшивки

Обшивку проверяют на прочность и устойчивость. Проверку прочности обшивки производят при ее работе на местный изгиб. Устойчивость обшивки проверяют при ее работе в составе присоединенных сжатых поясов. При наличии растянутой обшивки устойчивость последней проверяют на действие касательных напряжений. Напряжения в обшивке от местного изгиба при расчете по предельному состоянию проверяют по формуле:

$$\sigma = \frac{6M}{m_{об} \cdot \delta}$$

где  $M$  - изгибающий момент в данной точке обшивки;  
 $\delta$  - толщина обшивки;  
 $m_{об}$  - коэффициент условий работы обшивки.

Если отношение большей стороны  $B$  опорного контура панели обшивки к меньшей стороне  $b$  лежит в пределах  $1 \leq B/b \leq 2$ , то расчетные изгибающие моменты  $M$  в обшивке вычисляют по формулам:

$$M_B^{пр} = K_B^{пр} \rho b^2$$

$$M_B^{оп} = K_B^{об} \rho b^2$$

$$M_b^{пр} = K_b^{пр} \rho b^2$$

$$M_b^{оп} = K_b^{об} \rho b^2$$

$$m_{об} = 1,25$$

$K$  - коэффициент,  
зависящий от отношения  
 $B/b$  (табл. 1)

Если отношение  $B/b > 2$ , то расчетный изгибающий момент в обшивке вычисляют как для балки-полоски, упруго заземленной на опорах:

$$M_b^{пр} = M_b^{оп} = 0,0625 \rho b^2$$

$$m_{об} = 1,00$$

Напряжение в обшивке от местного изгиба при расчете по допускаемым напряжениям определяют по формуле:

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{b^2 \varphi \rho}{2(1 + n^2) \delta^2}$$

$b$  - расчетная толщина обшивки;

$n = b/B$ ;  $b$  - длина меньшей стороны балочной клетки;  $B$  - длина большей стороны балочной клетки (в сварных конструкциях эти размеры берутся по осям сварных швов, а в клепаных - по осям заклепок);

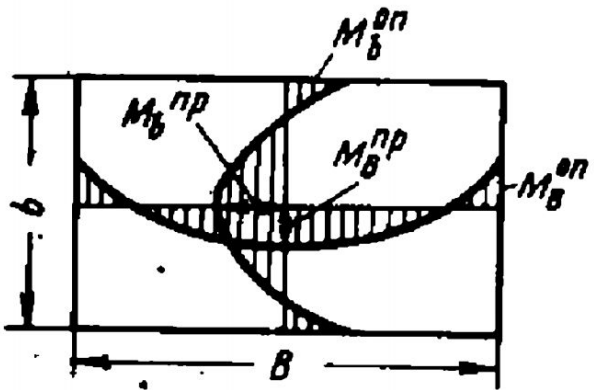
$\rho$  - удельное давление воды в центре панели;

$[\sigma]$  - допускаемое напряжение на изгиб в материале обшивки, определяемое по СНиП;

$\varphi$  - коэффициент, учитывающий влияние заделки панели обшивки по контуру, равен 0,75.

Таблица 1

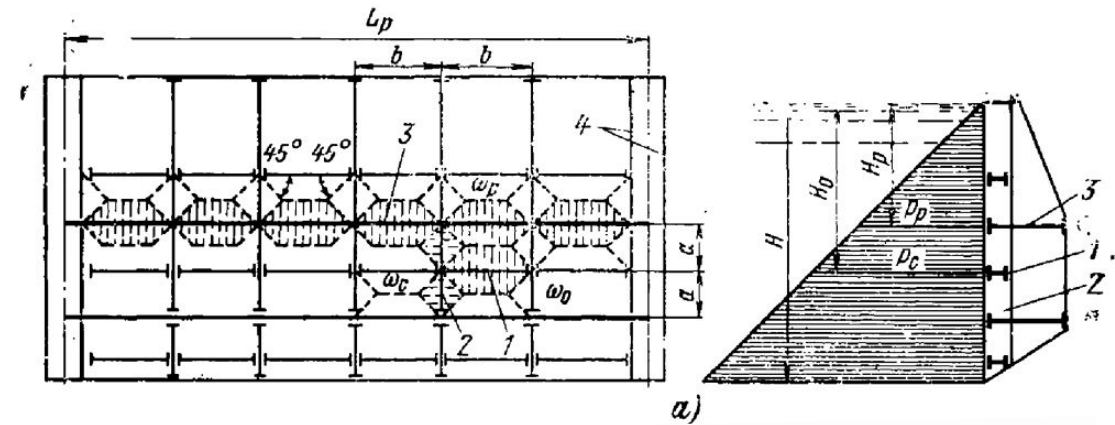
Коэффициенты для: расчета обшивки на местный изгиб по предельному состоянию

Схема расчета обшивки затвора	В пролете		На опоре		
	1,0	0,0305	0,0305	0,0388	0,0388
	1,1	0,0312	0,0356	0,0368	0,0415
	1,2	0,0308	0,0402	0,0378	0,0460
	1,3	0,0299	0,0437	0,0381	0,0500
	1,4	0,0286	0,0467	0,0384	0,0535
	1,5	0,0272	0,0490	0,0386	0,0565
	1,6	0,0254	0,0498	0,0435	0,0587
	1,7	0,0241	0,0503	0,0435	0,0606
	1,8	0,0229	0,0506	0,0435	0,0616
	1,9	0,0218	0,0526	0,0435	0,0620
2,0	0,0208	0,0531	0,0435	0,0620	

# Расчет балочной

## клетки

Распределение нагрузки от давления воды на элементы каркаса плоского затвора показано на рисунке. Нагрузка на стойки, обрешетины, ригели и другие элементы каркаса передается с площадей панелей, ограниченных линиями биссектрис, проведенных из углов панели. Интенсивность этой нагрузки определяют по высоте затвора из эпюры гидростатического давления.



1) представляют расчетную схему нагрузки, действующей на элемент (допускается приведение треугольной нагрузки к равномерно распределенной одинаковой интенсивности);

2) определяют величины опорных реакций на опорах и максимальных изгибающих моментов в пролете;

3) определяют требуемые моменты 1-опротивления рассчитываемого элемента;

4) подбирают сечение элемента по определенной величине W. При подборе сечения обрешетины

включают часть обшивки. Ширину обшивки выбирают для наименьшего из следующих значений,

приведенных на рисунке  $a \leq 0,3l_0 \leq \frac{b_B}{2}$

а) для промежуточных элементов

для малоуглеродистых сталей -  $a \leq 50\delta + d$

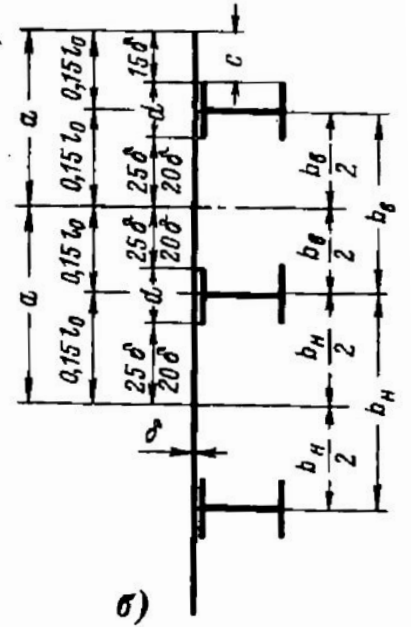
для низколегированных сталей -  $a \leq 40\delta + d$

элементов

$$a \leq 0,15l_0 + \frac{d}{2} + c$$

для малоуглеродистых сталей -  $a \leq 25\delta + d$

для низколегированных сталей -  $a \leq 20\delta + d$



где  $l_0$  - пролет разрезной балки или расстояние м/у нулевыми точками эпюры изгибающих моментов на разрезной балки. Величину  $l_0$  для неразрезных балок разрешается принимать равной 1/2 расчетного пролета на всем протяжении балки;  $\delta$  - толщина обшивки;  $d$  - ширина полки элемента балочной клетки;  $b_H$  или  $b_B$  - расстояние до стенок, соседних с проверяемым элементом;  $c$  - конструктивный размер свободного свеса, для малоуглеродистых сталей  $c \leq 15\delta$ ; для низколегированных сталей  $c \leq 12,5\delta$ .

При схемах затвора, отличающихся от показанной на рисунке расчет балок или стоек следует производить как многопролетных неразрезных.

# Расчет ригелей

На ригели передается комбинированная нагрузка в виде сосредоточенных сил (от обрешетины и стоек) и сплошных нагрузок (от панелей обшивки). С точностью, достаточной для предварительных расчетов, можно представить загрузку ригеля эквивалентной равномерно распределенной нагрузкой. Ее интенсивность  $q_p$  определена из эпюры давления по рисунку а). При такой замене расчетной нагрузки величина максимального момента будет отличаться примерно на 2% от подсчитанной по точной схеме для нечетного числа панелей. При подборе сечения ригелей в расчетную ширину пояса включается часть обшивки шириной не более  $0,15L_p$  на сторону от стенки каждого главного ригеля, где  $L_p$  - расчетный пролет затвора (для неразрезных обрешетин  $L_p$  принимается равным расстоянию между нулевыми точками эпюры изгибающих моментов). Для межригельных участков обшивки эта ширина ( $0,15L_p$ ) не должна быть больше расстояния между стенками-ригелей. В состав поясов включаются также все обрешетины, лежащие на расчетной ширине обшивки.

- Высотой ригеля  $h$  можно задаваться из условий экономичности профиля по формуле:

$$h = 1,58 \cdot \sqrt{\frac{M_{\max}}{[\sigma]\delta}}$$

- Подбранное из условий прочности сечение ригеля проверяют по величине относительного прогиба

$$f_p = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_{\max} L_p^2}{E J_x} \quad \frac{f_p}{L_p} \leq \left[ \frac{f}{L_p} \right]$$

$M_{\max}$  - наибольший изгибающий момент в пролете;  
 $\frac{f_p}{L_p}$  и  $\left[ \frac{f}{L_p} \right]$  - соответственно относительный прогиб для подобранного сечения и допускаемый относительный прогиб для данного типа конструкций, величина  $\left[ \frac{f}{L_p} \right]$  определяется по табл. 2;  
 $L_p$  - расчетный пролет;  
 $E$  - модуль упругости, для стали  $E = 2,1 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup>;  
 $J_x$  - расчетный момент инерции сечения.

В ригелях может иметь место потеря устойчивости стенки, проявляющаяся выпучиванием ее на отдельных участках; это явление может вызвать разрушение конструкции. Чтобы его избежать, по длине ригеля ставят ребра жесткости. Поперечные ребра ставят в плоскости диафрагм; если это расстояние велико, то его делят еще пополам. При выборе типа конструкции следует учитывать, что конструкции со сплошной стенкой обладают меньшим количеством мест концентрации напряжений и при загрузке этих конструкций напряжения в их элементах распределяются более равномерно по сравнению с решетчатыми конструкциями.

Таблица 2

## Допускаемые относительные прогибы изгибаемых элементов

Элементы конструкций	Величина прогиба в долях от пролета
Ригели затворов как сплошной, так и решетчатой конструкции: для затворов с верхним горизонтальным уплотнением.	
для основных затворов, работающих в	1 /1000
для основных затворов, работающих под статической нагрузкой, и для аварийных затворов	1/600
для ремонтных затворов	1/500
для консолей	1/400
Вспомогательные элементы балочной клетки	1/300
Главные фермы крановых стальных конструкций, как сплошных, так и решетчатых, от действия подвижной нагрузки (вес тележки и полезного груза):	1/250
для электрических мостовых кранов	1/700
для электрических козловых кранов пролетом до 20 м	1/800
то же пролетом свыше 20 м	1/1000
для ручных кранов	1/600
для консолей крановых металлоконструкций	1/300
Главные фермы подкрановых мостов и эстакад сплошной и решетчатой конструкций:	1/600
при электрических кранах грузоподъемностью до 50 тс	1/750
при электрических кранах грузоподъемностью 50 те и более	1/500
при ручных кранах	1/500
Пути кранов-бабок	1/400

# Расчет подъемно-весовых ферм двухригельных затворов

Подъемно-весовые фермы воспринимают нагрузку от части веса затвора. Вес затвора по закону рычага распределяется на обшивку и противоположную ей весовую ферму.

Нагрузку, передаваемую на обшивку, можно определить по формуле  $P_B = \frac{G b_1}{b_1 + b_2}$

Нагрузку на весовую ферму, можно определить по формуле:

$$P_H = \frac{G b_2}{b_1 + b_2}$$

где  $G$  - вес затвора (при переливе воды через затвор; или в глубинных затворах к весу затвора добавляется вес столба воды);

$b_1$  - расстояние от центра приложения веса  $G$  до оси обшивки;

$b_2$  - расстояние от центра приложения веса  $G$  до оси нижней фермы.

Для предварительных расчетов, когда положение центра тяжести затвора еще неизвестно, разрешается распределить нагрузку от веса поровну на обшивку и ферму, т. е.:  $P_B = P_H = G/2$

Нагрузка, приходящаяся на узел подъемно-весовой фермы:  $P_{уз.н} = P_H/n$  где  $n$  - число панелей.

По узловой нагрузке определяют графическим или аналитическим методом усилия в элементах весовой фермы, а затем производят подбор сечений. Поскольку пояса ригелей служат одновременно и поясами подъемных ферм, то их следует проверять на суммарное напряжение от действия горизонтальных и вертикальных сил. Напряжение в отдельном элементе выразится формулой:

$$\sigma_{\text{сум}} = \sigma_{\Gamma} + \sigma_{\text{з}} + \sigma_{\text{в}} \leq [\sigma]$$

где  $\sigma_{\Gamma}$  - напряжение в элементе от гидростатической нагрузки;

$\sigma_{\text{з}}$  - напряжение в том же элементе от массы затвора;

$\sigma_{\text{в}}$  - напряжение в том же элементе от массы слоя воды.

Элементы продольных связей конструируют из прокатных профилей (уголков). Иногда затвор снабжают обшивкой и с нижней стороны. В этих случаях вторая обшивка исключает необходимость устройства продольных связей.



# Расчет опорно-концевых стоек

Горизонтальными силами, действующими на опорно-концевую стойку, являются усилия опирающихся на них ригелей  $P_1, \dots, P_4$  и реакция опор осей рабочих колес или колесных тележек.

Кроме того, в момент подъема затвора на опорную стойку действуют вертикальные силы: вес затвора и тяговых органов, силы трения в опорно-ходовых частях, вес столба воды над затвором (если он глубинный), подсос (если он имеет место), подъемная сила  $T$ .

При расположении колес или колесных балансирных тележек против ригелей (типично для современных конструкций) опорные стойки на изгиб не работают, и тогда расчет производится только на осевую силу  $T$  по формуле:

$$\sigma = \frac{T}{F} \leq [\sigma_{\text{растр}}]$$

где  $F$  - площадь поперечного сечения опорно-,концевой стойки

Помимо расчета на изгиб или растяжение, достаточность толщины стенок опорно-концевой стойки проверяется на смятие в местах закрепления в них осей колес:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{P_k}{2d\delta}$$

где  $P_k$  - усилие от наиболее нагруженного колеса;  
 $d$  - диаметр оси колеса;  
 $\delta$  - толщина сминаемой стенки опорно-концевой стойки.

Если толщина стенки оказывается недостаточной, то производится местное утолщение ее накладками.



# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

---

РАСЧЕТ ПРОЛЕТНОГО  
СТРОЕНИЯ ЗАТВОРА

ДЛЯ СВЯЗИ С  
НАМИ

Евсеев Дмитрий Петрович

