



Ассоциация развития
стального строительства

Семинар: “Стальное строительство” г. Екатеринбург, 27.02.2018

“Эффективные анкерные упоры для сталежелезобетонных перекрытий”

*Айрумян Эдуард Леонович,
Заведующий отделом
легких стальных тонкостенных конструкций, к.т.н., с.н.с.*

ООО «ЦНИИ ПроектСтальКонструкция»

СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

СТО АРСС 11251254.001-2015

Москва
2015

СВОД ПРАВИЛ

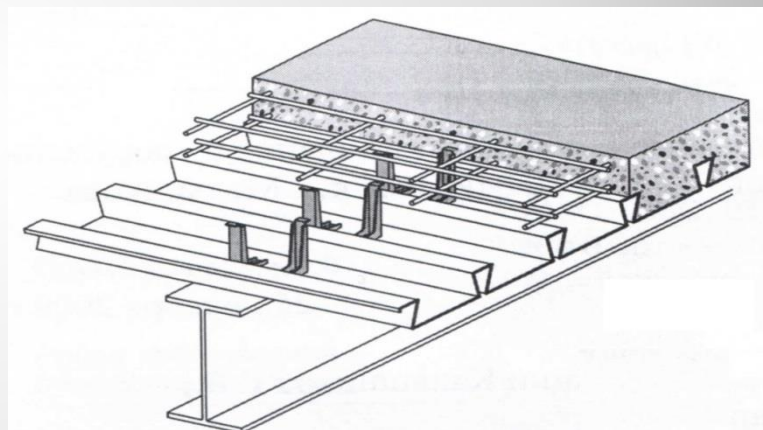
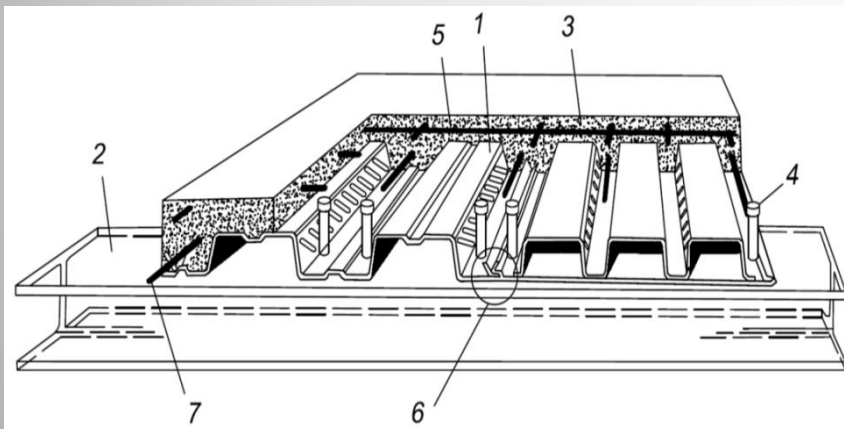
СП 266.1325800.2016

КОНСТРУКЦИИ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ. ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Издание официальное

Москва 2016

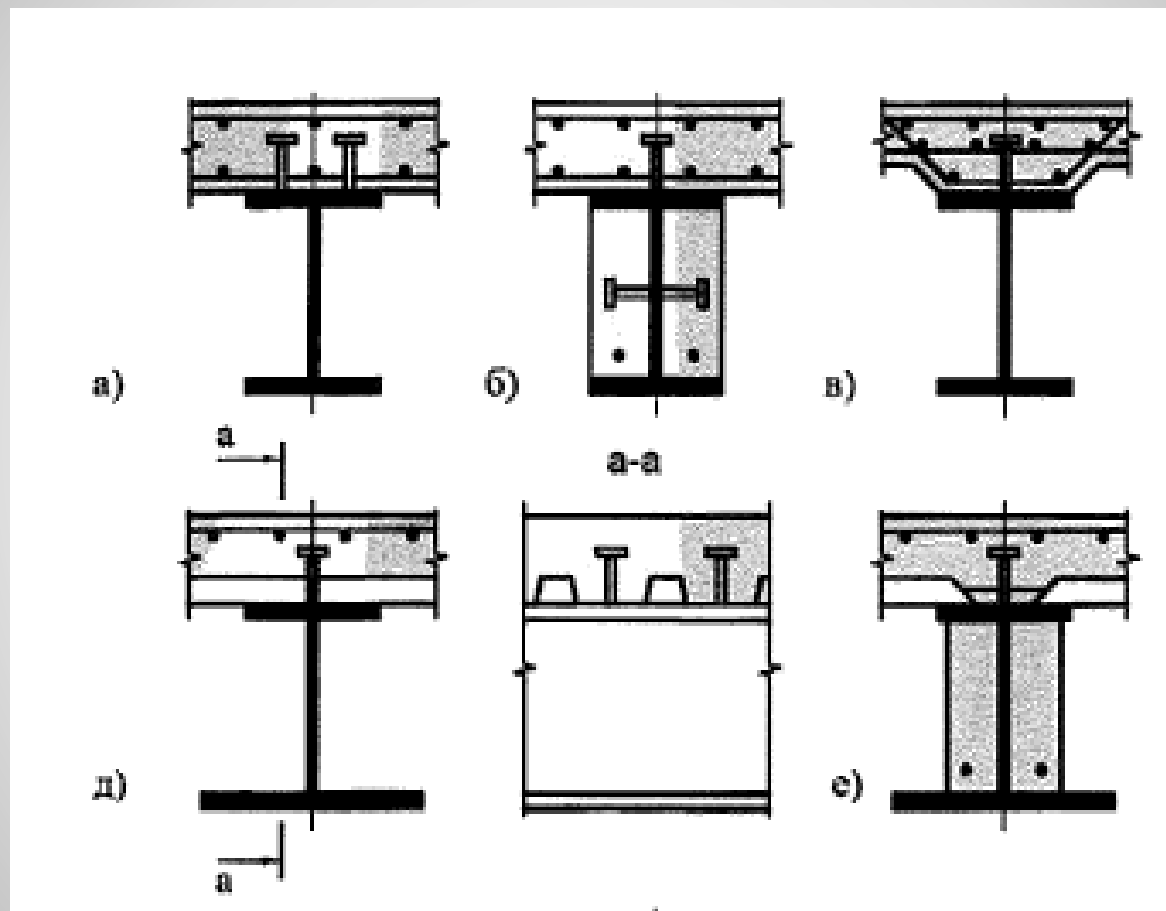
В мировой практике строительства в зданиях со стальным каркасом междуэтажные перекрытия представляют собой, как правило, сталежелезобетонную конструкцию, в которой железобетонная плита перекрытия работает совместно со стальными балками благодаря установленным на них анкерным упорам. Наиболее эффективными устройствами для обеспечения совместной деформации (работы) железобетонной плиты и балок перекрытия являются анкерные упоры двух типов – стержневые (гибкие упоры) или уголкового (жесткие упоры).



Сталежелезобетонное перекрытие с железобетонной плитой по стальным балкам

- 1 — стальной профилированный настил с рифлеными стенками гофров;
- 2 — элемент балочной клетки; 3 — монолитный бетон плиты;
- 4 — стержневой (уголковый) упор; 5 — сетка противоусадочного армирования;
- 6 — соединение гофрированных профилей между собой; 7 — рабочая арматура.

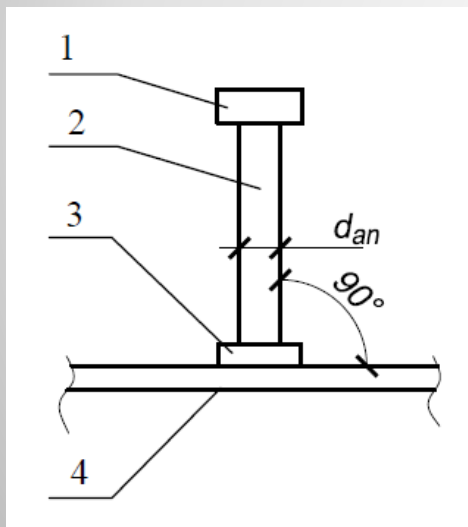
Сечения типовых композитных балок с анкерными упорами в виде стержней (шпилек)



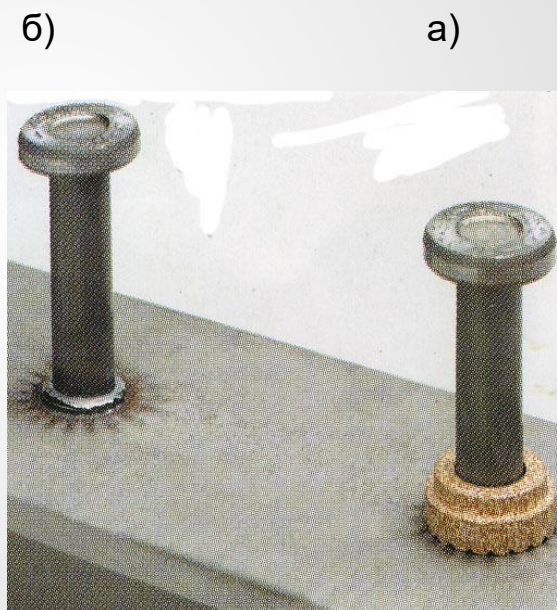
Анкерные упоры в виде стержней (шпилек)

Стержневые упоры (шпильки) выполняют в виде калиброванных стальных стержней диаметром от 10 до 25 мм с круглой головкой, приваренных к стальной опорной балке плиты. Предел текучести стали стандартных болтов – не менее 350 Н/мм², относительное удлинение при разрыве – не менее 20%.

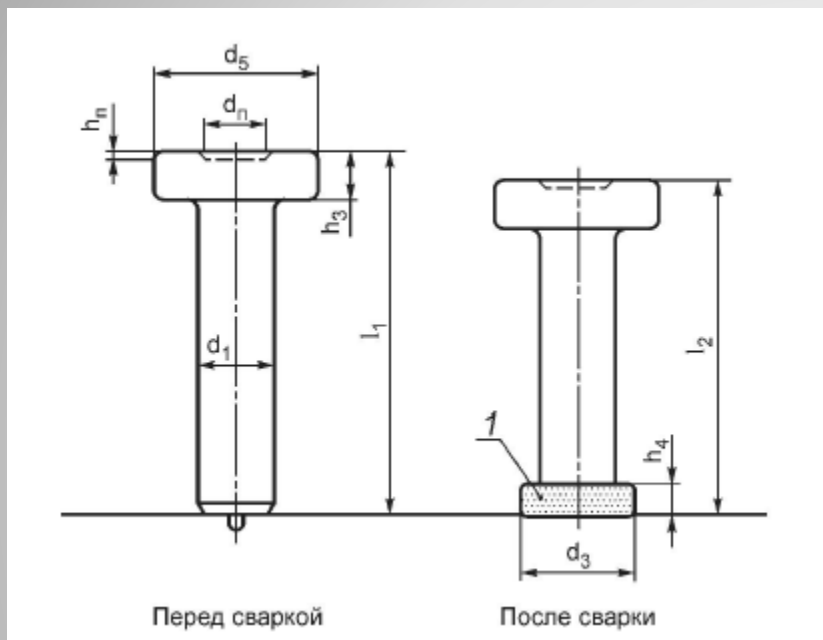
Упоры в виде шпилек с головкой выполняют по ГОСТ Р 55738-2013.



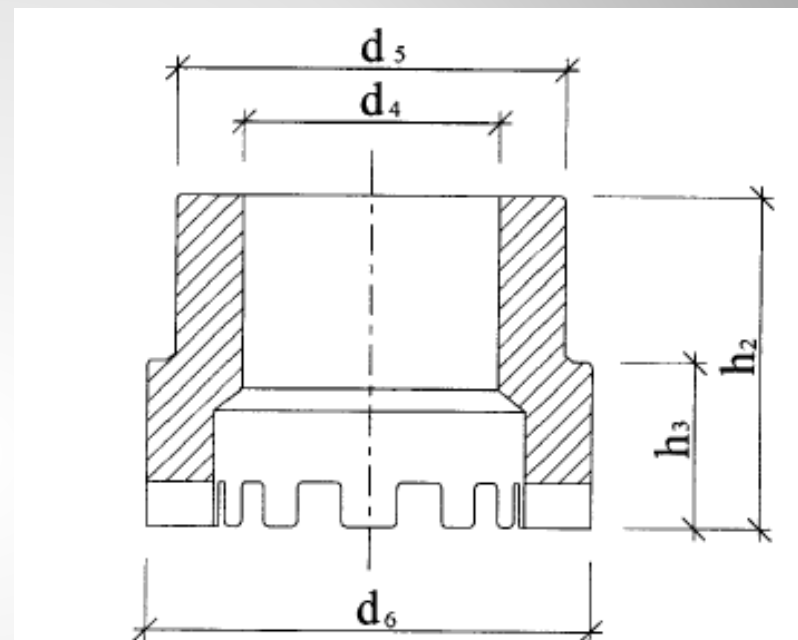
1 — головка анкера; 2 — анкер;
3 — сварка; 4 — опорная балка
Стержневой упор (шпилька)



а) во время сварки б) после сварки



Анкерный упор для балок



Сечение керамического кольца

Размеры шпилек-упоров по ГОСТ Р 55738 приводятся в таблице 1

Таблица 1. Размеры шпилек-упоров (в мм)

Диаметр стержня, d	Размеры головки		Длина шпильки			
	диаметр, d ₅	толщина h ₃	до сварки, l ₁		после сварки, l ₂	
			max	min	max	min
10	19	7	178	53	175	50
13	25	8	203	53	200	50
16	32	8	254	54	200	50
19	32	10	305	55	250	50
22	35	10	305	55	300	50
25	41	12	305	80	300	75

Стандартная длина шпильки после сварки снижается на 3-5 мм в зависимости от диаметра стержня и принята от 50 до 300 мм с интервалом 25 мм.

Размеры керамического кольца для шпильки приводятся в таблице 2.

Таблица 2. Размеры керамического кольца в миллиметрах

Диаметр упора	$d_4^{-0,5}$	$d_5 \pm 1$	$d_6 \pm 1$	h_2	h_3
10	10,2	15	17,8	10	5,2
13	13,1	20	22,2	11	6,5
16	16,3	26	30	13	8,5
19	19,4	26	30,8	16,7	12
22	22,8	30,7	39	18,6	14
25	26,0	35,5	41	21	16,5

Технология приварки шпилек-упоров

В качестве источника питания сварочной дуги следует применять специализированную установку “СМД”, включающую: источник питания, сварочный пистолет, сварочный кабель не более 120 мм² с кабелем управления и кабель заземления. Также другие установки, согласованные с фирмой ООО “Стальмостдеталь”.



Модели сварочных пистолетов серии CLASSIC

Приварку шпилек-упоров следует производить в соответствии с технологической документацией (картой или проектом производства сварочных работ), которая разрабатывается заводом-изготовителем строительных конструкций, проектной организацией и утверждается в установленном порядке.

Сварку шпилек выполняют на постоянном токе прямой полярности. Необходимую величину сварочного тока определяют в зависимости от диаметра стержня шпильки и времени сварки.

Значение сварочного тока в амперах может быть определено по эмпирической формуле:

$$A = 90 \times d_1;$$

где – d_1 диаметр шпильки в мм.

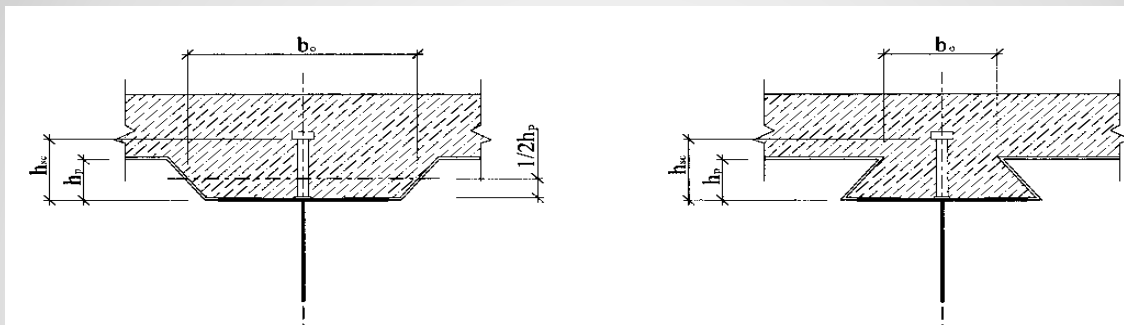
Ориентировочное время сварки (в секундах) может быть определено по эмпирической формуле:

$$t_{св} = 0,04d_1$$

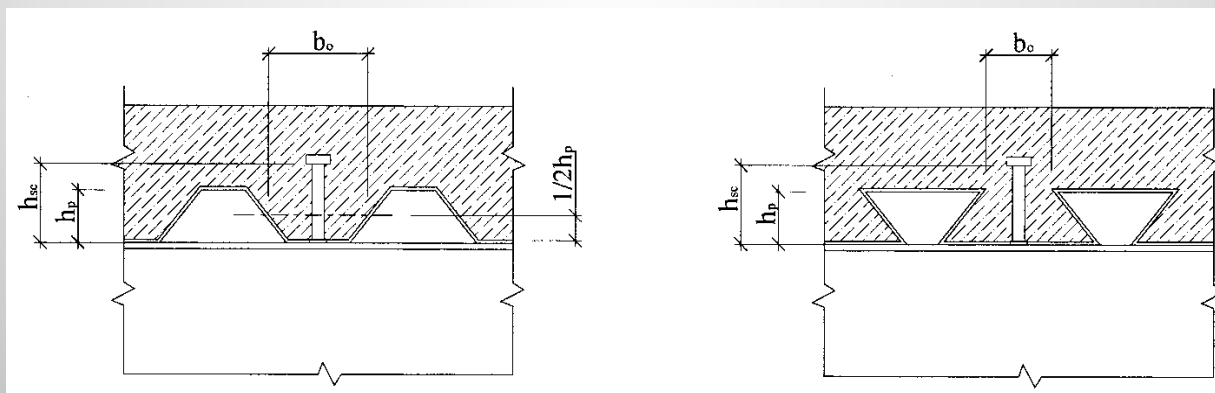
Производительность приварки шпилек-упоров составляет 6-8 шт. в минуту.

Основные положения расчета шпилек-упоров в сталежелезобетонных перекрытиях

Монолитная плита по профилированному настилу



Плита с настилом, расположенным вдоль балок



Плита с настилом, расположенным поперек балок

Сопротивление шпилек-упоров сдвигу на опорах по концам профилированного настила определяется по формуле:

$$T_{al} = 0,64 \cdot R_y \cdot A_{an} \cdot n;$$

где $A_{an} = \frac{\pi d^4}{4}$ – площадь поперечного сечения упора;

d – диаметр упора;

n_{an} – количество упоров в одном гофре настила;

R_y – расчетное сопротивление стали упора.

Предельное усилие сжатия бетона для одного упора определяется по формуле:

$$P_{Rd} = \frac{0,29 \cdot \alpha \cdot d^2}{\gamma_v} \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}}$$

где

$$\alpha = 0,2 \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ для } 3 \leq h_{sc}/d \leq 4;$$

$\gamma_v = 1,5$ – коэффициент условия работы упора;

d – диаметр стержня упора в пределах $16 \leq d \leq 25$ мм;

f_n – временное сопротивление стали упора, но не более 500 Н/мм²;

f_{ck} – цилиндрическая прочность бетона на сжатие при плотности не менее 1750 кг/м³;

h_{sc} – общая длина упора.

Расчет анкерных упоров (шпилек) в комбинированных балках

Сопротивление упора при срезающем усилии, действующем между монолитной плитой и поясом балки определяется по формуле:

$$P_{Rd} = \frac{0,8 f_u \pi d^2}{4 \cdot \gamma_v}$$

где $\gamma_v = 1,25$ – коэффициент условия работы упора;

В перекрытиях с монолитной плитой по профилированному настилу с гофрами, расположенными вдоль стальных балок, сопротивление упора сдвигающим усилиям определяется, умножая P_{Rd} на коэффициент K_1

$$K_1 = 0,6 \frac{b_{o1}}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \leq 1,0,$$

где b_o – ширина бетонной части в пределах гофра настила;
 h_p – высота гофра настила.

При расположении гофров настила поперек стальных балок усилие P_{Rd} умножается на понижающий коэффициент K_2 , определяемый по формуле:

$$K_2 = \frac{0,7}{\sqrt{n_e}} \frac{b_{o2}}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right),$$

где n_e – количество упоров в одной волне настила, но не более двух;
 b_{o2} – ширина бетонной части между гофрами.

Прочность соединения балки с плитой обеспечивается при соблюдении условия:

$$T_1 \leq P_{Rd}$$

где T_1 – усилие сдвига на наиболее напряженный упор комбинированной балки.

Сдвигающее усилие T_1 определяется в зависимости от расчетной нагрузки на балку в сечениях с максимальным изгибающим моментом, в местах приложения сосредоточенных сил и в четверти пролета.

Если условие не выполняется, требуется увеличить диаметр анкерных упоров или их количество.

Контроль качества установки шпилек-упоров

Контроль качества установки шпилек-упоров на стальных балках или закладных пластинах осуществляется в соответствии со стандартом ISO 14555 и включает внешний осмотр сварного шва, механические испытания на растяжение и изгиб.

На изгиб должно быть испытано не менее 10 упоров. На растяжение испытывается один упор.

Испытания упоров на изгиб проводятся одним из двух способов:

с помощью ударов молотка по головке приваренного упора;

с помощью трубчатой насадки.

При изгибе упора сварной шов должен сохранять несущую способность до тех пор, пока угол наклона стержня относительно его первоначального вертикального положения не достигнет 60°.

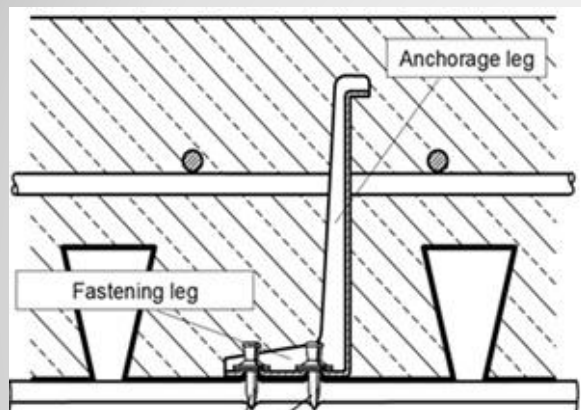
После испытаний в шве не должно быть трещин.

Техника безопасности при установке шпилек-упоров

При выполнении сварочных работ необходимо соблюдать требования безопасности труда по СНиП 12-03-2001.

Угловые анкерные упоры X-HVB из гнутых профилей

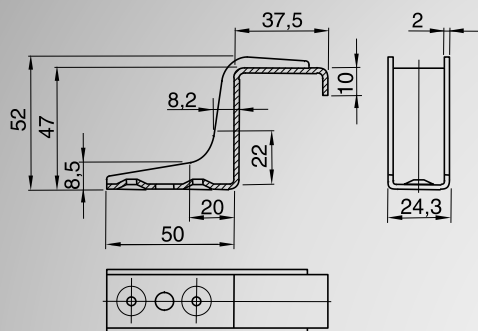
Упоры X-HVB представляют собой холодноформованный стальной профиль углового сечения, закрепленный одной полкой к верхнему поясу балки перекрытия с помощью двух дюбелей.



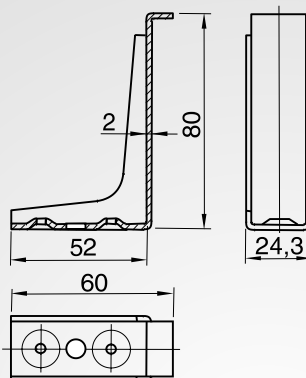
В качестве анкеров применяются упоры X-HVB шести типоразмеров в зависимости от толщины плиты перекрытия и типа профилированного настила. Все упоры независимо от типа имеют ширину нижней опорной полки 50 мм. Упоры изготавливают высотой $h_{sc} = 52, 80, 95, 110, 126$ и 141 мм.

Материал упоров - оцинкованная малоуглеродистая сталь толщиной 2 или 2,5 мм с временным сопротивлением от 270 до 350 МПа. Толщина цинкового покрытия - не менее 3 мкм.

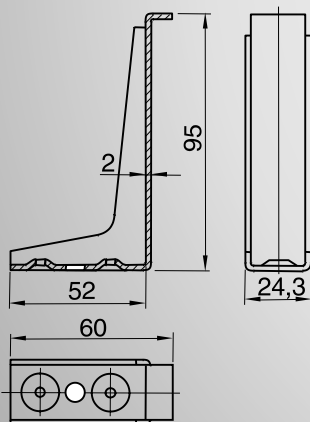
Типы угловых анкерных упоров



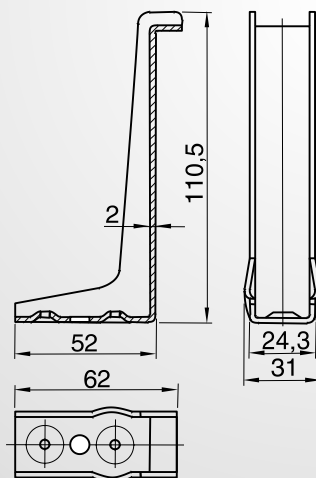
X-HVB 50



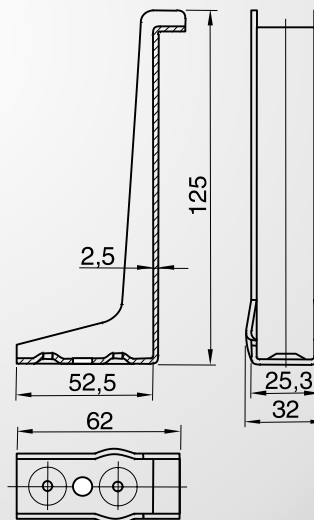
X-HVB 80



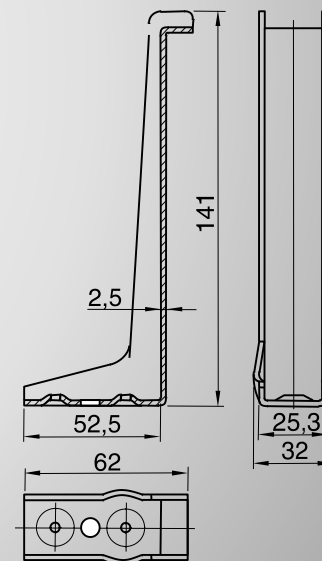
X-HVB 95



X-HVB 110



X-HVB 125



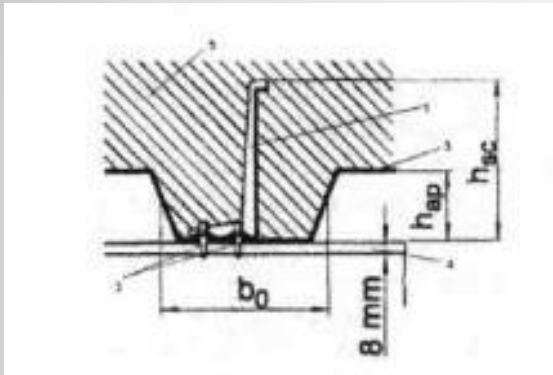
X-HVB 140

Расчет несущей способности уголковых упоров

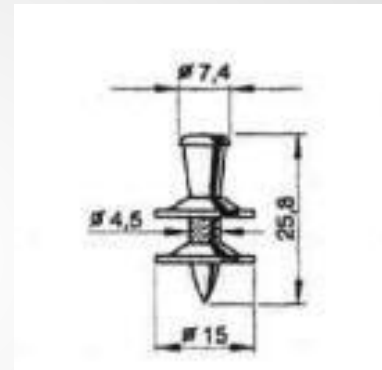
Допускаемое срезающее усилие на упор определяется по формуле

$$P_{rd} = R_{d,ss} K_1$$

где K_1 - коэффициент запаса, принимаемый от 0,5 до 1,0 в зависимости от ориентации профнастила относительно балок.



Расположение упора вдоль оси балки



Дюбель для крепления упора

При расположении трапецевидных гофров настила поперек балок

$$K_1 = \frac{0,7}{\sqrt{N_r}} \frac{b_0}{h_{ap}} \frac{h_{sr} - h_{gp}}{h_{ap}}$$

где $N_r = 1$, если в каждом гофре установлен один упор;

$N_r = 2$, если в каждом гофре - 2 или 3 упора;

b_0 и h_{ap} - ширина нижней полки и высота гофра настила;

h_{sc} - высота упора.

Предельные размеры монолитной плиты и сечения профилированного настила в зависимости от типа упора приводятся в таблице.

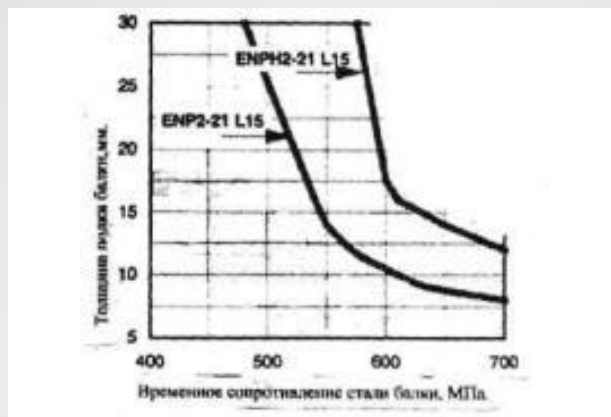
Таблица - Соотношение толщины плиты и высоты упоров

Тип упора	Минимальная толщина плиты h_c (мм)	Максимальная высота профиля настила h_{ap} в миллиметрах		
		$b_0/h_{ap} \geq 18$	$b_0/h_{ap} < 18$	$b_0/h_{ap} \geq 1,0$
X-HVB 50	72	-		
X-HVB 80	100	45	45	30
X-HVB 95	115	60	57	45
X-HVB 110	130	75	66	60
X-HVB 125	145	80	75	73
X-HVB 141	160	80	80	80

Минимальная толщина бетона над верхней полкой упора - 20 мм.

Угловые упоры располагаются на нижних полках настила параллельно или перпендикулярно оси балки. Между смежными гофрами профилированного листа может располагаться от одного до трех упоров, причем продольное расположение упоров более эффективно. Минимальное расстояние между стенками соседних поперечных упоров - 50 мм, для продольно расположенных упоров - 100 мм. Максимальное расстояние между соседними продольными упорами не должно превышать 600 мм или $4h_c$, где h_c - толщина плиты.

Выбор типа дюбеля для крепления упоров зависит от толщины и прочности стали верхней полки балок. На рисунке показаны области применения дюбелей ENP2-21 и ENPH2-21, прикрепляющих упоры к поясу балки толщиной от 6 до 30 мм из стали с временным сопротивлением не более 700 МПа.



**Области применения дюбелей для крепления
упоров в зависимости от толщины полки и марки
стали балки**

Упоры X-HVB позволят воспринять сдвигающие усилия от 100 до 400 кН на 1 погонный метр композитной балки, включающей часть монолитной плиты и стальную балку, и обеспечить ее устойчивость из плоскости при поперечном изгибе.

Упоры X-HVB рекомендуется применять на строительстве новых и реконструкции старых зданий. Применение этих упоров вместо стержневых анкеров, привариваемых к балкам через настил, позволяет снизить трудоемкость монтажных работ и исключить сварку, требующую особых условий для ее выполнения с учетом температуры воздуха, влажности, защитного покрытия профилированного настила и других факторов.

Установка поперечных упоров X-HVB обеспечивает включение профилированного настила в работу плиты перекрытия в качестве ее рабочей арматуры.



Перекрытие автомобильной парковки



Реконструкция перекрытия

Спасибо за внимание

Email: ayrum-lab@yandex.ru