

# Расчет и конструирование опалубки и лесов опор мостов и путепроводов. Требования к ним.

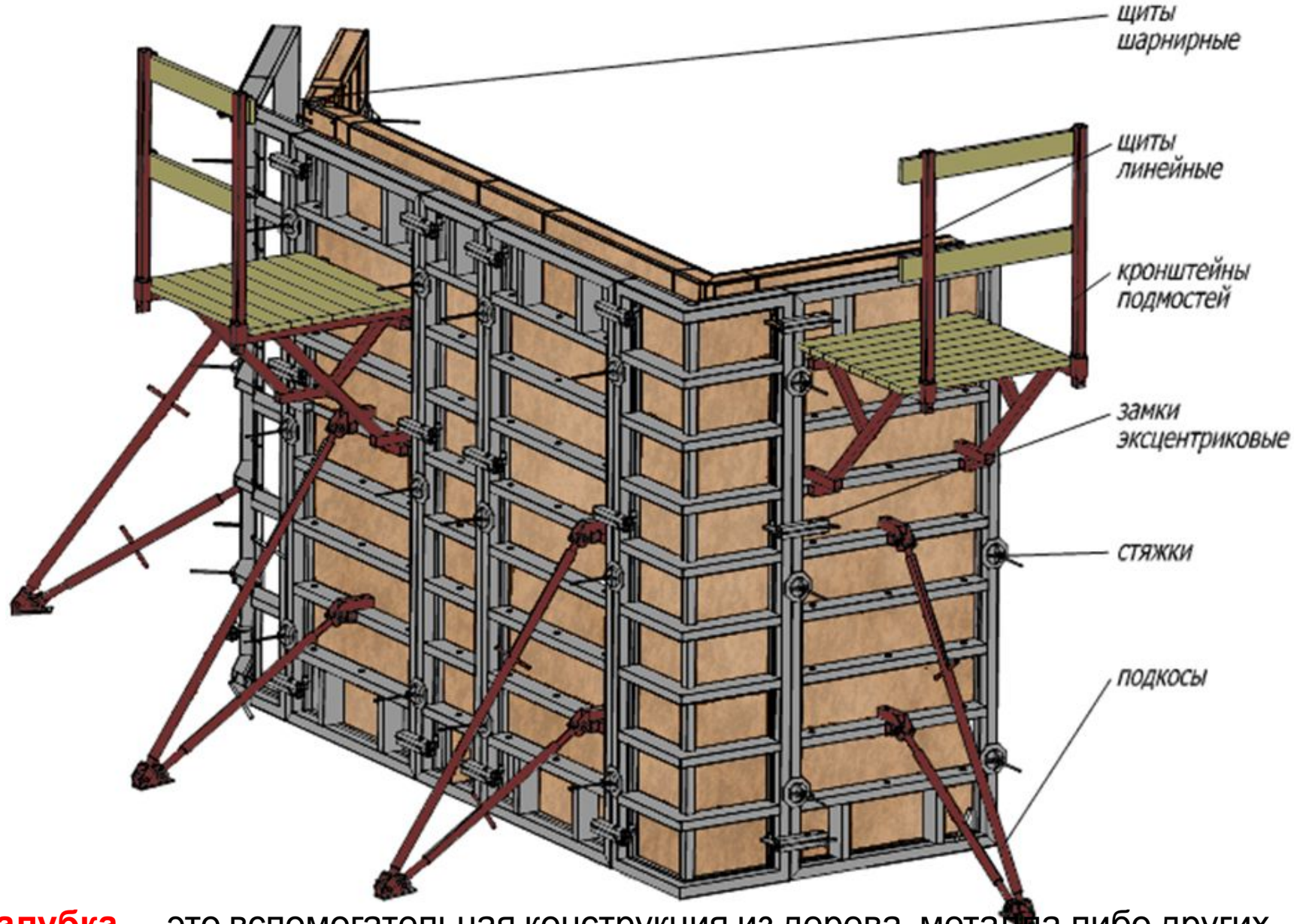


Выполнил: ст.гр.4МТ01

Алиуллина Г.И.

Преподаватель: доцент,  
кандидат технических наук

Иванов Г.П.



**Опалубка** — это вспомогательная конструкция из дерева, металла либо других материалов, служащая для придания монолитным конструкциям из бетона, железобетона, грунтовой смеси, других строительных растворов определенных параметров — таких как форма, геометрические размеры, положение в

- **При проектировании опалубки необходимо проверить :**
  - **прочность элементов опалубки во время бетонирования** (например, прочность досок обшивки и ребер жесткости);
  - **деформации элементов опалубки во время бетонирования** (прогибы изгибаемых элементов не должны превышать  $1/400$  пролета для лицевых поверхностей надземных конструкций и  $1/200$  – для прочих);
  - **устойчивость положения собранной опалубки** под действием собственного веса и ветровой нагрузки.
- Пластические(остаточные) деформации не допускаются.

# Сбор нагрузок

## 1. Вертикальные нагрузки (по приложению Г ГОСТ Р 52085-2003

### Опалубка. Общие технические условия)

1.1 Собственная масса опалубки определяется **по чертежам**.

1.2 Масса бетонной смеси принимается: для тяжелого бетона **2500 кг/м<sup>3</sup>**, для других бетонов - по фактической массе.

1.3 Масса арматуры принимается по проекту, при отсутствии проектных данных - 100 кг/м<sup>3</sup>.

1.4 Нагрузки от людей и транспортных средств - 250 кгс/м<sup>2</sup> = 2.452

кН/м. Кроме того, опалубка должна проверяться на

сосредоточенную нагрузку от технологических средств согласно

фактическому возможному загрузению по проекту производства

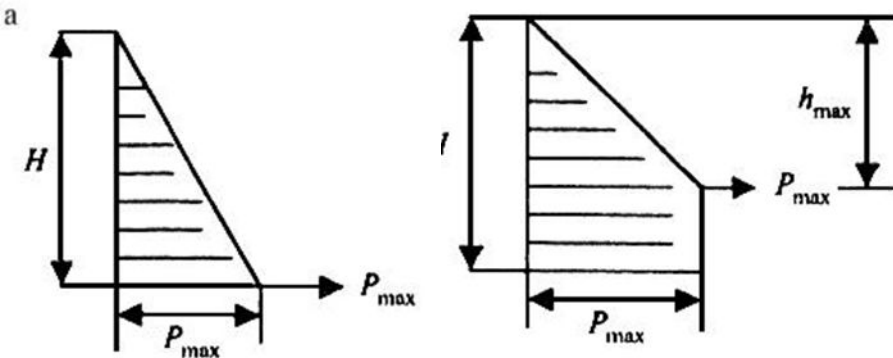
## • 2. Горизонтальные нагрузки

- 2.1 Ветровые нагрузки принимают по п.11.1 и прил.Д СП 20.13330 Нагрузки и воздействия.
- 2.2 Максимальное боковое давление бетонной смеси  $P_{\max}$ , кгс (тс)/м<sup>2</sup>.
  - 2.2.1 При уплотнении смеси наружными вибраторами (а также внутренними при радиусе действия вибратора  $R \geq H$ , где  $H$  - высота опалубки, м) давление принимается гидростатическим с треугольной эпюрой распределения давления в соответствии с рисунком 3,а

$$P_{\max} = \gamma H$$

- 2.2.2 При уплотнении бетонной смеси внутренними вибраторами

$$P_{\max} = \gamma(0,27V + 0,78)K_1K_2$$



- **Цель расчета:** 1. Определение нагрузки от давления свежеложенной бетонной смеси и горизонтальной нагрузки на боковую опалубку. Определение высоты активного слоя бетона
- 2. Определение толщины листа металлической опалубки.
- 3. Определение скорости передвижения скользящей опалубки



- **Исходные данные:**

- Высота опоры  $H = 10$  м;
- Размеры поперечного сечения опоры  $a \times b = 1,2 \times 1,0$  м;
- Скорость бетонирования по вертикали  $v = 0,6$  м/ч;
- Радиус действия внутреннего вибратора  $R_B = 0,2$  м;
- Радиус действия наружного вибратора  $R_H = 0,6$  м;
- Способ подачи бетонной смеси - по хоботам (из бетоновоза);
- Время транспортирования бетонной смеси от завода  $t_{\text{тр}} = 0,4$  ч;
- Длина листа опалубки  $l = 1,2$  м;
- Высота опалубки  $h = 1,2$  м;
- Нормативная распределенная нагрузка на пластину  $q_n = 2,5$  кН/м;
- Марка стали – С245;
- Тип крепления пластин – защемление.

- **Задача 1.** Определить нагрузки от давления свежееуложенной бетонной смеси и горизонтальной нагрузки на боковую опалубку. Определить диаметр тяжей.

- **Решение:** 1. Определяем давление при уплотнении

бетонной смеси внутренними виб  $P_{\max} = \gamma(0,27V + 0,78)K_1K_2$

$$P_{\max} = 2500 * (0.27 * 0.6 + 0.78) * 1.2 * 1.0 = 2826 \text{ Па} = 2.826 \text{ кПа} \approx 3 \text{ кПа},$$

где  $\gamma$  - объемная масса бетонной смеси, берем для тяжелого

бетона **2500 кг/м<sup>3</sup>** (для всех);

$V$  - скорость бетонирования (скорость заполнения опалубки по высоте) **0.6 м/ч** (столбец б, в исходных данных);

$K_1$  - коэффициент, учитывающий влияние подвижности (жесткости) бетонной смеси:





$K_1 = 0,8$  для смесей с о.к. (осадкой конуса) 0-2 см;

$K_1 = 1$  для смесей с о.к. 2-7 см;

$K_1 = 1,2$  для смесей с о.к. 8 и более 8 см;

$K_2$  - коэффициент, учитывающий влияние температуры бетонной

с  $K_2 = 1,15$  для смесей с температурой 5-10 °С;

$K_2 = 1,0$  для смесей с температурой 10-25 °С;

$K_2 = 0,85$  для смесей с температурой более 25 °С.

**Найдем общее давление согласно формуле:**

$$P = (q + P_{max})n = (4 + 3)1.3 = 9.10 \text{ кПа,}$$

$q$  - динамическое воздействие сбрасываемой смеси на вертикальную опалубку, в зависимости от вида подачи(см.табл)

$n$ -коэффициент перегрузки, равен 1.3.

Способ подачи бетонной смеси в опалубку	Нагрузка, кгс/м <sup>2</sup>
<b>Спуск по лоткам, хоботам</b>	<b>400</b>
Выгрузка из бадей вместимостью:	
до 0,8 м	400
более 0,8 м	600
Укладка бетононасосами	800

Высота эюры

$$H=4h_0, H=4*0.06=0.24 \text{ м.}$$

данный высота слоя смеси, уложенной за 1 час:

$$h_0 = \frac{Q}{S} = 0.07/1.2 = 0.06 \text{ м}$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения опоры равна:  $1.2*1,0=1.2 \text{ м}^2$  (столбец 3, исходные данные);

$Q$  – производительность, м<sup>3</sup>/ч, бетонного завода, принимается из условия недопущения вибрирования схватившегося слоя бетона и определяется по

формуле:

$$Q = \frac{S \cdot R_B}{t_{\text{схв}} - t_{\text{тр}}} = (1.2*0.2)/(4-0.4) = 0.07 \text{ м}^3/\text{ч},$$

Где  $S$  – площадь поперечного сечения опоры равна:  $1.2*1,0=1.2 \text{ м}^2$ ; (столбец 3, исх.данные);

·  $R_B$  - радиус действия внутреннего вибратора, 0.2 м (столбец 5, исх.данные);

$t_{\text{схв}}$  - время схватывания бетонной смеси, 4 часа (для всех);

- время транспортирования смеси от бетонного завода до

$t_{\text{тр}}$  бетонированной опоры, 0.4 ч. (столбец 8, исходные данные)

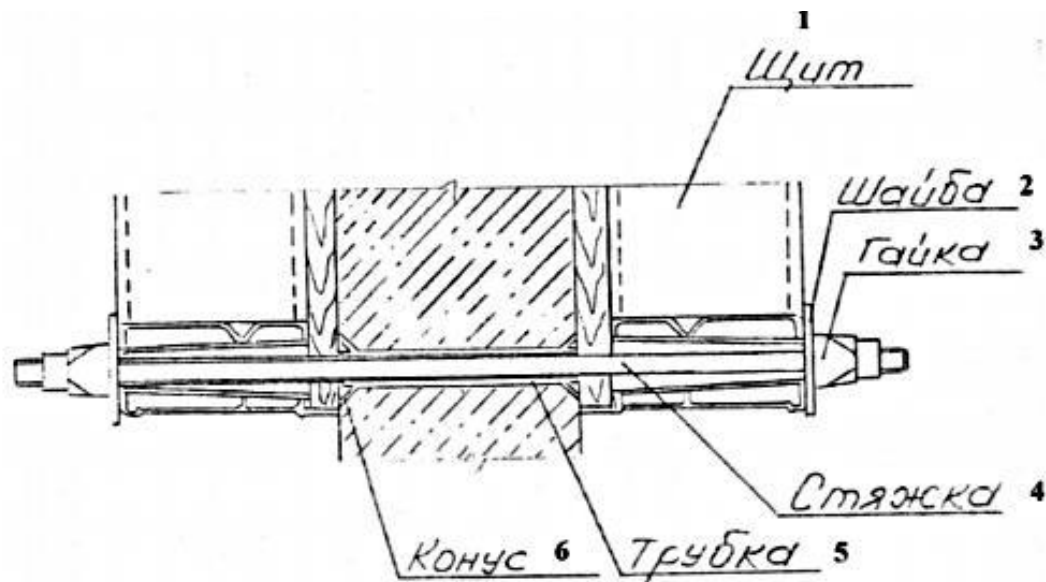
Расчет тяжей.

$$T = F * P = 1.44 * 910 = 1310.40 \text{ кг} = 13.104 \text{ кН}$$

Где  $F$ -площадь, которую воспринимает тяж,  $1.2 * 1.2 = 1.44 \text{ м}^2$ ,  
 $P$ -общее давление бетонной смеси,  $9.1 \text{ кПа} = 910 \text{ кг/м}^2$

Площадь поперечного сечения тяжа:  $T = R_s A_s$ ,  $A_s = T/R_s$ ,  
 $A_s = T/R_s$ ,  $A_s = 1310.40/2200 = \mathbf{0.58 \text{ см}^2}$

Подбираем из таблицы 7 диаметр тяжа 10 мм с  $A_s = 0.785 \text{ см}^2$



**Вывод:** высота активного слоя не должна превышать 0.06 м за 1 час укладки бетонной смеси. Диаметр тяжей – 10 мм с  $A_s = 0.785 \text{ см}^2$

Болты и тяжи для болтов с шестигранными головками

Диаметр, мм	Площадь сечения, см <sup>2</sup>		Масса, кг		Квадратные шайбы при смятии древесины поперек волокон для болтов					
	Абр	Ант	1 м	1 гайки	рабочих	стяжных				
дбрднт			болташести-гранной		квадратнойразмеры, масса, размеры, масса,					
					мм	кг	мм	кг		
6	4,701	0,283	30,173	0,22	0,004	0,004	30´30´3	0,01	-	-
8	6,377	0,505	50,316	0,39	0,008	0,007	40´40´4	0,048	-	-
10	8,051	0,785	50,509	0,62	0,014	0,014	50´50´5	0,095	-	-
12	9,727	1,13	0,744	0,89	0,020	0,021	60´60´6	0,164	45´45´4	0,06
16	13,4	2,01	1,408	1,58	0,052	0,053	80´80´8	0,386	55´55´4	0,09
20	16,75	3,14	2,182	2,47	0,093	0,095	100´100´10	0,760	70´70´5	0,18
24	20,1	4,52	3,165	3,55	0,141	0,144	120´120´12	1,314	90´90´7	0,42
27	23,1	5,72	4,18	4,49	0,182	0,187	140´140´14	2,091	100´100´8	0,59
30	25,45	7,06	5,06	5,55	0,291	0,297	160´160´16	2,930	-	-
36	30,80	10,17	7,44	7,99	0,496	0,506	190´190´18	4,957	-	-
42	36,15	13,84	10,25	10,9	0,814	0,831	220´220´20	7,381	-	-
48	41,5	18,09	13,52	14,2	1,244	1,373	260´260´24	12,39	-	-

# Таблица 7.

## Задача 2. Рассчитать толщину стального листа обшивки опалубки.

- Исходя из условия прочности, толщина стального листа обшивки опалубки должна быть не менее:

$$\delta = k_2 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{q^p}{R_y}} = 0.557 \cdot 1.2 \cdot \sqrt{\frac{2.75}{240 \cdot 10^3}} \approx 0.003 \text{ м} = 3 \text{ мм},$$

$k_2$  – коэффициент для расчета толщины стального листа обшивки,

$a/b$ отношение сторон пластинки	$k_1$ шарнирное опирание пластинки	$k_1$ защемление пластинки	$k_2$ шарнирное опирание пластинки	$k_2$ защемление пластинки
1,0	0,00276	0,00188	0,536	0,557
1,2	0,00309	0,00209	0,612	0,607
1,4	0,00332	0,00221	0,673	0,655
2,0	0,00375	0,00236	0,780	0,705

Табл.3

$b$  – меньшая сторона пластинки, 1.2 м (столбец 10, исходные данные);  
 $q^p$  – распределенная нормативная нагрузка на пластинку, 2.5 кН/м (столбец 11, исх. дан);

$q^p = 1,1 \cdot q^н$  – распределенная расчетная нагрузка на пластинку,  $2.5 \cdot 1.1 = 2.75$  кН/м;  
 $R_y$  – расчетное сопротивление стали,  $240 \cdot 10^3$  кПа (см. табл. 4);

Расчетные сопротивления при растяжении сжатии по СП  
16.13330.2011

Марка стали(столбец 12, исходные данные)	Расчетное сопротивление стали, , кПа
C235	$230 \cdot 10^3$
<b>C245</b>	<b><math>240 \cdot 10^3</math></b>
C255	$250 \cdot 10^3$
C275	$270 \cdot 10^3$
C285	$280 \cdot 10^3$
C345	$335 \cdot 10^3$
C375	$365 \cdot 10^3$
C390	$380 \cdot 10^3$
C440	$430 \cdot 10^3$
C590	$515 \cdot 10^3$

2. Исходя из требования необходимой жесткости, толщина стального листа обшивки опалубки должна быть не менее:

$$\delta = k_1 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{q^H}{[f/b]}} = 0.00188 \times 1.2 \times \sqrt{\frac{2.5}{0.003}} = 0.0065 \text{ м} = 7 \text{ мм}$$

$k_1$  – коэффициент для расчета толщины стального листа обшивки, равен 0.00188(по табл.3);;

$b$  – меньшая сторона пластинки, 1.2 м(столбец 10,исходные

данные);

$q^H$  – распределенная нормативная нагрузка на пластинку, 2.5 кН/м(столбец 11, исх.

дан);

$[f/b]$  – допустимый прогиб пластинки  $(l/400)=1.2/400=0.003$ ,

$l$  –длина пластинки,1.2м (столбец 9,исходные данные)

$a/b$ отношение сторон пластинки	$k_1$ шарнирное опирание пластинки	$k_1$ защемление пластинки	$k_2$ шарнирное опирание пластинки	$k_2$ защемление пластинки
1,0	0,00276	0,00188	0,536	0,557
1,2	0,00309	0,00209	0,612	0,607
1,4	0,00332	0,00221	0,673	0,655
2,0	0,00375	0,00236	0,780	0,705

Табл.3

**Вывод:** толщина листа металлической опалубки должны быть не менее 7 мм

**Задача 3.** Определить скорость передвижения скользящей опалубки, производительность бетонного завода и высоту активного давления.

**Расчет:**

1. 
$$V = \frac{H}{t_{схв} + 2}, \text{ м/ч}, \quad V = \frac{1.2}{4 + 2} = 0.2 \text{ м/ч},$$

где  $H$  – высота опалубки, 1.2 м (столбец 10, исх. данные),

$t_{схв}$  – время схватывания бетона от начала затворения, 4 часа;

2 – запас времени, ч.

Необходимая производительность бетонного завода определится по выражению:

$$Q = V * S, \quad Q = 0.2 * 1.2 = 0.24 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $S$  – площадь бетонирования (например, площадь поперечного сечения опоры)  $1.2 * 1.0 = 1.2 \text{ м}^2$ , (столбец 3, исх. данные)

$V$  – скорость передвижения, 0.2 м/ч.



Высота активного давления бетонной смеси на стенки опалубки:

$$h_{\text{сл}} = V * t_{\text{схв}} = 0,2 * 4 = 0,8 \text{ м.}$$

$V$  – скорость передвижения, 0.2 м/ч.

$t_{\text{схв}}$  – время схватывания бетона от начала затворения, 4 часа;

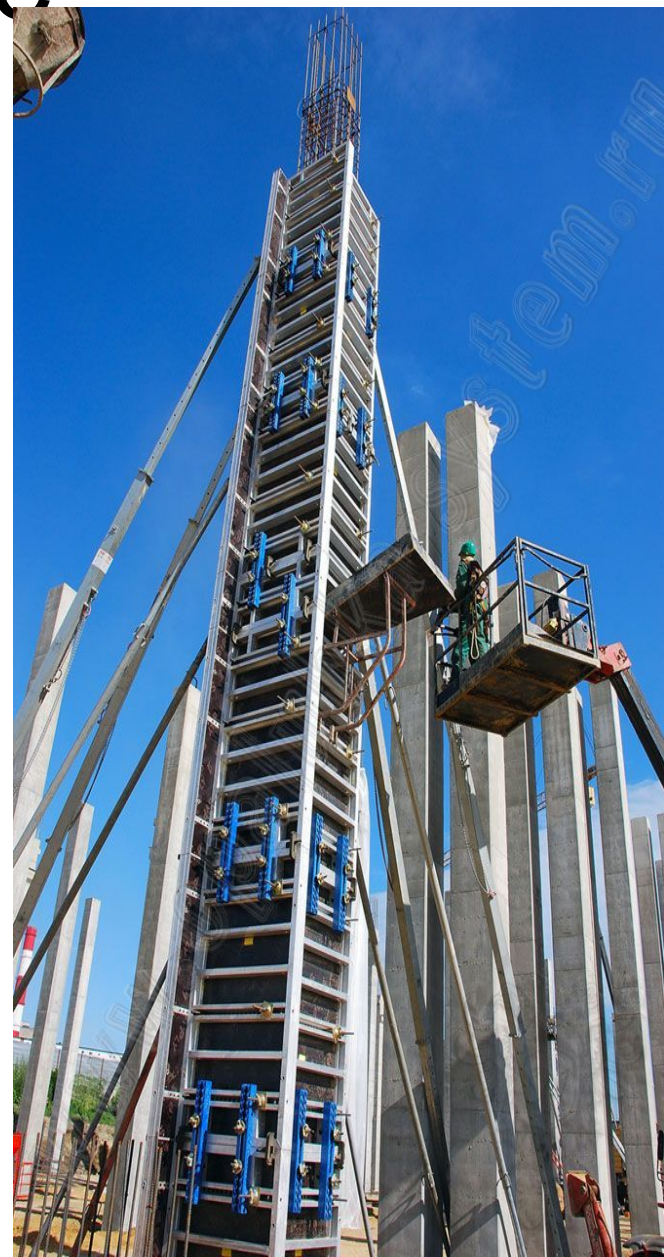
**Вывод:** Скорость передвижения опалубки – 0.2 м/ч, производительность бетонного завода – 0.24 м<sup>3</sup>/ч, активного слоя бетона не должна превышать 0,8 м за один час укладки бетонной смеси.



# Требования к опалубке

Технические требования к материалу и конструкции палубы:

- - получение поверхности бетона, не требующей штукатурных работ;
- -долговечность;
- -недеформируемость;
- -теплоизоляционные свойства;
- -простота и надежность крепления к несущей конструкции;
- -возможность ремонта (восстановление или замена);
- -легкая очистка и смазка.



# Список использованных источников

- 1. ГОСТ Р 52085-2003 Опалубка. Общие технические условия. – Введ.01.06.2003. - М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. – 10 с.
- 2. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. – Введ. 06.04.2017. – М.: Минрегион России, 2017. – 35 с.
- 3. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81. – Введ.28.08.2017. – М.: Минстрой России, 2017. – 140 с.