

Общество с ограниченной ответственностью "УСН-Девелопмент".  
Регистрационный номер в государственном реестре саморегулируемых  
организаций  
СРО-П-140-27022010

---

Здание Филиала ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина», расположенное по адресу:  
Свердловская область, г. Верхняя Салда, ул. Рабочей  
молодёжи, д. 1

Расчетно-пояснительная записка

16-10/2024-КЖ.РПЗ



Общество с ограниченной ответственностью "УСН-Девелопмент".  
Регистрационный номер в государственном реестре саморегулируемых  
организаций  
СРО-П-140-27022010

---

Здание Филиала ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина», расположенное по адресу:  
Свердловская область, г. Верхняя Салда, ул. Рабочей  
молодёжи, д. 1

Расчетно-пояснительная записка

16-10/2024-КЖ.РПЗ

Генеральный директор

Щербенок А .

ГИП

Мухеев Е .



Введение.

В данной расчетно-пояснительной записке представлен расчет усиления железобетонных многопустотных плит перекрытия подвала системой внешнего армирования из углеродных холстов CWrap Fabric 530/300 и балок перекрытия металлическими конструкциями по проекту шифр: 16-10/2024-КЖ на объекте: Здание Филиала ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», расположенное по адресу: Свердловская область, г. Верхняя Салда, ул. Рабочей молодёжи, д. 1.

Цель усиления – восстановление несущей способности плит и балок перекрытия.

Описание конструкций.

Плиты перекрытия подвала – сборные, железобетонные, многопустотные, высотой 220мм и шириной 1190мм. Класс бетона плит – В25. Армирование выполнено стержнями класса А400 диаметром 14мм в количестве 7шт. Усиление плит производится в осях 4-7/Б-В, 4-7/Г-Е и 13-16/Г-Е. В осях 15-16/Г-Е повреждено армирование плит, для данных плит в расчете принято 5 стержней диаметром 14мм.

Балки перекрытий – сборные, железобетонные, высотой 400мм и шириной 120мм. Класс бетона балок – В25. Армирование выполнено стержнями класса А400 диаметром 20 или 22мм в количестве 2шт. Усиление балок производится на отм. +3.600, +7.200, +10.800, а также на отметке чердачного перекрытия подведением новых металлических балок из швеллера 30П.

Сбор нагрузок на плиты взят из «ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ здания Филиала ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», расположенного по адресу: Свердловская область, г. Верхняя Салда, ул. Рабочей молодёжи, д. 1», Шифр: АТЭ-207-2024-ЗиС, а для балок перекрытия дополнительно заложена нагрузка от перегородок (H=3.28м):

№ п.п.	Материал	Нагрузка норм. кг/м.кв.	γ <sub>f</sub>	Нагрузка расч. кг/м.кв.
1.	Керамогранитная плитка t=7 мм	16,8	1,1	18,48
2.	Цементно-песчаная стяжка t=360 мм	648,0	1,3	842,40
3.	Плита перекрытия железобетонная многопустотная (серия ИИ-03-02)	290,0	-	320,0
	<b>ИТОГО собственный вес</b>	<b>954,8</b>		<b>1180,88</b>
4.	Временные нагрузки (полезная нагрузка на перекрытие)	200	1,2	240
	<b>ВСЕГО нагрузка на перекрытие</b>	<b>1154,8</b>		<b>1420,88</b>

Взамен инв. №		Подпись и дата		16-10/2024-КЖ.РПЗ							
				Изм	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Инв № подл.				Разработал	Смирнова			Расчетно-пояснительная записка	Стадия	Лист	Листов
				Проверил	Щербенок				Р	1	
				Н.контроль	Гольденберг				ООО "УСН-Девелопмент"		
				ГИП	Михеев						



Расчет усиления цзл. холстом плит перекрытия подвала П1 в осях 4-7/Б-В, 4-7/Г-Е и 13-15/Г-Е.

Данные для расчета : Нижняя зона плиты

Характеристики СВА: CWrap Fabric 530/300

$R_{f,n}$ =	4900	МПа	Нормативная прочность на растяжение углехолста, согласно испытаниям материала в партии
$E_{f,n} = E_f$ =	250000	МПа	Модуль упругости углехолста, п. 5.2.4 СП 164.1325800.2014
$t_f$ =	0,293	мм	Толщина (монослоя) углехолста
$n$ =	2	шт	Кол-во слоев углехолста
$b_f$ =	750	мм	Ширина углехолста на 1м.п. сечения

Характеристики конструкции Бетон B25 Арматура A400

$h$ =	220	мм	Высота плиты (балки)
$a_s$ =	27	мм	Расстояние до центра растянутой арматуры
$a_s'$ =	50	мм	Расстояние до центра сжатой арматуры
$\varnothing 1s$ =	14	мм	Средний диаметр стержня растянутой арматуры
$\varnothing 1's$ =	20	мм	Средний диаметр стержня сжатой арматуры
$f1s$ =	166	мм	Шаг среднего диаметра растянутой арматуры
$f'1s$ =	580	мм	Шаг среднего диаметра сжатой арматуры
$M$ =	9,225	т	Максимальный расчетный изгибающий момент

$M_n$ =	6,988	т	Максимальный нормативный изгибающий момент
$M_{crc1}$ =	6,248	т	Изгибающий момент от постоянной и временной длительной нормативной нагрузки
$b$ =	1160	мм	Ширина плиты (балки)
$R_b$ =	14,5	МПа	$R_b \cdot 0,9 = 13,05$ МПа Прочность бетона на сжатие, п. 6.1.5 СП 164.1325800.2014
$R_{bt,ser}$ =	1,55	МПа	$R_{bt,ser} \cdot 0,9 = 1,395$ МПа Прочность бетона на растяжение, п. 6.1.5 СП 164.1325800.2014
$R_{b,n}=R_{b,ser}$ =	18,5	МПа	Нормативная прочность бетона на сжатие для предельных состояний I группы и расчетная прочность на сжатие для предельных состояний II группы по таблица 6.7 СП 63.13330.2012
$E_b$ =	30000	МПа	Модуль упругости (начальный) бетона, при сжатии и растяжении по табл. 6.11 СП 63.13330.2012
$A_s$ =	1075,166	мм <sup>2</sup>	Площадь растянутой арматуры
$A_s'$ =	628	мм <sup>2</sup>	Площадь сжатой арматуры
$E_s$ =	200000	МПа	Модуль упругости арматуры при растяжении и сжатии, п. 6.2.12 СП 63.13330.2012
$R_s$ =	350	МПа	$R_s \cdot 0,9 = 315$ МПа Расчетное сопротивление арматуры растяжению, п. 6.1.5 СП 164.1325800.2014
$R_{sc}$ =	350	МПа	$R_{sc} \cdot 0,9 = 315$ МПа Расчетное сопротивление арматуры сжатию, п. 6.1.5 СП 164.1325800.2014
$A_f$ =	439,5	мм2	Площадь поперечного сечения углехолста
$y_{f1}$ =	0,9		Коэффициент условий работы композитного материала, по табл. 3 СП 164.1325800.2014
$y_{f2 np}$ =	1		Коэффициент, учитывающий сцепление композитного материала с бетоном, п. 5.2.5 форм. 5.2 СП 164.1325800.2014
$y_f$ =	1,2		Коэффициент для I группы предельных состояний, п. 5.2.5 форм. 5.1 СП 164.1325800.2014
$y_f$ =	1		Коэффициент для II группы предельных состояний, п. 5.2.5 форм. 5.1 СП 164.1325800.2014

Результаты расчета по I предельному состоянию:  $M_{max} \leq M_{ult}$  Расчет по прочности сечений изгибаемых элем-в  
9,225 верно 15,79

Результаты расчета по II предельному состоянию:  $a_{crc} = a_{crc,1} \leq a_{crc,ult}$  Расчет ширины раскрытия трещин, нормальных к  
0,296665 верно 0,3 продольной оси элемента при продолжительном раскрытии трещин

$a_{crc} = a_{crc,1} + a_{crc,2} - a_{crc,3} \leq a_{crc,ult}$  Расчет ширины раскрытия трещин, нормальных к  
0,329878 верно 0,4 к продольной оси элемента при непродолжительном раскрытии трещин

						16-10/2024-КЖ.РПЗ		
Изм	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата			
Разработал	Смирнова					Расчетно-пояснительная записка	Стадия	Лист
Проверил	Щербенюк						Р	2
Н. контроль	Гольденберг						ООО "УСН-Девелопмент"	
ГИП	Михеев							



**I. Расчет по предельным состояниям первой группы**  
**Расчет по прочности нормальных сечений по предельным усилиям**

1. Определение расчетного значения сопротивления растяжению углехолста:

а)  $R_f = (y_{f1} \cdot y_{f2} \cdot R_{f,n}) / y_f =$  3675 МПа  $R_f$  для расчета  $y_{f2}$ , формула 5.3 СП 164.1325800.2014

б)  $\epsilon_{f,ult} = R_f \cdot (y_{f2} = 1) / E_f = (y_{f1} \cdot y_{f2} \cdot R_{f,n}) / (y_f \cdot E_f) =$  0,0147 Расчетное значение предельных относительных деформаций композитного материала, формула 5.4 СП 164.1325800.2014

в)  $y_{f2} = [1 / (2,5 \cdot \epsilon_{f,ult})] \cdot [\sqrt{R_b} / (n \cdot E_f \cdot t_f)] =$  0,25682 Коэффициент условий работы композитного материала, учитывающий сцепление композитного материала с бетоном, формула 5.2 СП 164.1325800.2014, **но не более 0,9**

г) Принимаем  $y_{f2} =$  0,257

д)  $R_f = (y_{f1} \cdot y_{f2} \cdot R_{f,n}) / y_f =$  943,8141 МПа Расчетное значение сопротивления растяжению, формула 5.1 СП 164.1325800.2014

е)  $A_{sk} = R_f \cdot b_f \cdot t_f \cdot n / R_s =$  1185,161 мм<sup>2</sup> Эквивалент площади углехолста, выраженный через арматуру

2. Проверяем соблюдение условия пункт 6.2.1 формула 6.1 СП164.1325800.2014:

$R_f \leq (\epsilon_{s2} - \epsilon_s^0) \cdot E_f$  п. 6.2.1 формула 6.1 СП164.1325800.2014  
 943,8 **верно** 6250

а)  $\epsilon_{s2} =$  0,025 предельное значение относительной деформации стальной арматуры, принимаемое = 0,025 – для арматуры с физическим пределом текучести (A240–A500, B500) и = 0,015 – для арматуры с условным пределом текучести (A600–A1000). п. 6.2.1 формула 6.1 СП164.1325800.2014

б)  $\epsilon_s^0 = M_0 \cdot (h_0 - x_0) / (E_{b1} \cdot I_{red}) =$  0,0000000539 мм<sup>4</sup> Значение начальной относительной деформации существующей стальной арматуры определяют по п. 6.2.4 формула 6.3 СП164.1325800.2014

$M_0 =$  4 м Изгибающий момент от фактической нагрузки, действующей на конструкцию до усиления, относительно оси, нормальной к плоскости действия изгибающего момента и проходящей через центр тяжести приведенного поперечного сечения элем.

$E_{b1} = E_{b,red} = R_{b,n} / e_{b1,red} =$  12333 МПа Приведенный модуль деформации сжатого бетона, учитывающий неупругие деформации сжатого бетона, по п.8.2.16 формула 8.131 СП 63.13330.2012

$e_{b1,red} =$  0,0015

Определяем момент инерции приведенного поперечного сечения относительно его центра тяжести;

$I_{red} = I_b + I_s \cdot \alpha + I'_s \cdot \alpha =$  1105131140 мм<sup>4</sup> 110513,114 см<sup>4</sup>  $x_0 = (R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s) / R_b \cdot b =$  9,305 мм

$I_b = b \cdot h^3 / 12 =$  1029306667 мм<sup>4</sup> 102930,6667 см<sup>4</sup> Высота сжатой зоны бетона при определении начальной

$I_s = A_s \cdot (h - a_s - h/2)^2 =$  7406820,4 мм<sup>4</sup> 740,68204 см<sup>4</sup> относительной деформации растянутой арматуры

$I'_s = A'_s \cdot (h/2 - a'_s)^2 =$  2260800 мм<sup>4</sup> 226,08 см<sup>4</sup>

$\alpha = E_s / E_{b1} =$  7,843137255  $E_{b1} = 0,85 \cdot E_b =$  25500 МПа

3. Проверяем соблюдение условия:

$\xi = x/h \leq \xi_{R,f}$  п. 6.2.7 СП164.1325800.2014  
 0,167 **не верно** 0,154

а)  $\xi_{R,f} = x_{R,f} / h = \omega / (1 + (\epsilon_{f,ult} + \epsilon_b^0) / \epsilon_{b2}) =$  0,154 Граничная относительная высота сжатой зоны

$\omega =$  0,8 Характеристика сжатой зоны бетона, принимаемая для тяжелого бетона классов до B60 включительно равной 0,8;

$\epsilon_{f,ult} = R_f / E_f =$  0,015 Значение предельных относительных деформаций композитного материала, определяемое по формуле (5.4) СП164.1325800.2014 при значении  $R_f$ , вычисленном по формуле (5.1) СП164.1325800.2014, при  $y_{f2} = 1$

$\epsilon_{b2} =$  0,0035 Относительные деформации тяжелого, мелкозернистого и напрягающего сжатого бетонов при напряжениях  $R_b$ , принимаемые по пункту 6.1.20 СП 63.13330.2012

$\epsilon_b^0 = M_0 \cdot x_0 / (E_{b1} \cdot I_{red}) =$  1,32E-09 мм<sup>4</sup> Значение начальной относительной деформации сжатого бетона

$x_0 =$  9,305 мм Высота сжатой зоны бетона при определении начальной относительной деформации сжатого бетона

б) Высоту сжатой зоны определяем согласно п. 6.2.7 формула 6.7 СП 164.1325800.2014:

$x = (R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s + R_f \cdot A_f) / R_b \cdot b =$  36,71 мм

4. Значение Mult для изгибаемых элементов прямоугольного сечения при не выполнении условия  $\xi = x/h \leq \xi_{R,f}$  следует определять как:

$Mult = R_b \cdot b \cdot \bar{X} \cdot (h_0 - 0,5 \cdot \bar{X}) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') + \sigma_f \cdot A_f \cdot a =$  157905537 Н\*мм 15,7905537 Т\*м

$\epsilon_{s,el} = R_s / E_s =$  0,002  $\xi_{R,h0} > x > \xi_{R,f} \cdot h$   $x > \xi_{R,h0}$

$\xi_{R,h0} = x_{R,h0} / h_0 = \omega / (1 + \epsilon_{s,el} / \epsilon_{b2}) =$  0,552 106,5 36,70654 33,85 36,71 106,5

$\epsilon_{0bt} = (\epsilon_{0s} \cdot h + \epsilon_{0b} \cdot a) / h_0 =$  6E-08 **верно** **не верно**

$\sigma_f = [\epsilon_{b2} (2 \cdot \omega \cdot h / x - 1) - k \cdot \epsilon_{0bt}] \cdot E_f =$  3320  $\bar{X} = \xi_{R,f} \cdot h =$  33,85  $k =$  0  $\bar{X} = \xi_{R,h0} =$  106,5  $k =$  1

Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов, усиленных СВА из композитных материалов, следует производить из условия:

$M \leq M_{ult}$  по п. 6.2.6 формула 6.5 СП164.1325800.2014

9,225 **верно** 15,79

						16-10/2024-КЖ.РПЗ		Лист
								3
Изм	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата			



## II. Расчет по предельным состояниям второй группы

### Расчет по раскрытию нормальных трещин

#### 1. Расчет по образованию трещин

Приведенное значение толщины защитного слоя растянутой арматуры:

$$a = A_s \cdot a_s / (A_{sk} + A_s) = 12,84 \text{ мм}$$

Приведенное значение толщины защитного слоя сжатой арматуры:

$$a' = a'_s = 50 \text{ мм}$$

Рабочая высота сечения:

$$h_0 = h - a = 207,2 \text{ мм}$$

Коэффициент приведения ненапрягаемой арматуры к бетону, пункт 6.5.4 формула 6.96 СП164.1325800.2014

$$\alpha = E_s / E_b = 6,667$$

Коэффициент приведения внешней арматуры из композитных материалов к бетону, пункт 6.5.4 формула 6.96 СП164.1325800.2014

$$\alpha_f = E_f / E_b = 8,333$$

Площадь сечения:

$$A = b \cdot h = 255200 \text{ мм}^2 \quad 2552 \text{ см}^2$$

Площадь бетона без учета арматуры:

$$A_b = b \cdot h - A_s - A'_s = 253496,8 \text{ мм}^2 \quad 2534,968 \text{ см}^2$$

Площадь сечения приведенного поперечного сечения элемента, определяемая по пункту 6.5.4 формуле 6.95 СП164.1325800.2014

$$A_{red} = A_b + A_s \cdot \alpha + A'_s \cdot \alpha + A_f \cdot \alpha_f = 268513,8 \text{ мм}^2 \quad 2685,138 \text{ см}^2$$

Статический момент бетонного сечения относительно наиболее растянутого волокна:

$$S_t = b \cdot h \cdot (h/2) = 28072000 \text{ мм}^3 \quad 28072 \text{ см}^3$$

Статический момент площади приведенного поперечного сечения элемента относительно наиболее растянутого волокна бетона

$$S_{t,red} = S_t + A_s \cdot \alpha \cdot a_s + A'_s \cdot \alpha \cdot (h - a'_s) + A_f \cdot \alpha_f \cdot 0 = 28977263 \text{ мм}^3 \quad 28977,26 \text{ см}^3$$

Расстояние от наиболее растянутого волокна бетона до центра тяжести приведенного поперечного сечения элемента

$$y_t = y_0 = S_{t,red} / A_{red} = 107,9172 \text{ мм} \quad 10,79172 \text{ см}$$

Расстояние от наиболее сжатого волокна бетона до центра тяжести приведенного поперечного сечения элемента

$$y_c = h - y_0 = 112,0828 \text{ мм} \quad 11,20828 \text{ см}$$

Момент инерции бетонного сечения относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения:

$$I = b \cdot h^3 / 12 + b \cdot h \cdot (h/2 - y_c)^2 = 1,03E+09 \text{ мм}^4 \quad 102983,8 \text{ см}^4$$

Момент инерции площади сечения растянутой арматуры относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения:

$$I_s = A_s \cdot (y_t - a_s)^2 = 7039757 \text{ мм}^4 \quad 703,9757 \text{ см}^4$$

Момент инерции площади сечения сжатой арматуры относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения:

$$I'_s = A'_s \cdot (y_c - a'_s)^2 = 2420482 \text{ мм}^4 \quad 242,0482 \text{ см}^4$$

Момент инерции площади сечения растянутой композитной арматуры относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения

$$I_f = A_f \cdot y_t^2 = 5118474 \text{ мм}^4 \quad 511,8474 \text{ см}^4$$

Момент инерции приведенного поперечного сечения относительно его центра тяжести, определяемый с учетом внешней арматуры из полимерных композитов по пункту 6.5.4 формула 6.94 СП164.1325800.2014

$$I_{red} = I + I_s \cdot \alpha + I'_s \cdot \alpha + I_f \cdot \alpha_f = 1,14E+09 \text{ мм}^4 \quad 113556 \text{ см}^4$$

Упругий момент сопротивления приведенного сечения по растянутой зоне сечения, определяемый в соответствии с указаниями пунктов 6.5.3 и 6.5.4, формулам 6.91 и 6.92 СП164.1325800.2014

$$W_{pl} = \gamma \cdot W_{red} = \gamma \cdot I_{red} / y_t = 13679266 \text{ мм}^3 \quad 13679,27 \text{ см}^3$$

$$\gamma = 1,3 \text{ по таблице 5, стр.35 СП164.1325800.2014}$$

Момент образования трещин, по пункту 6.5.1 СП164.1325800.2014

$$M_{crc} = R_{bt,ser} \cdot W_{pl} \pm N \cdot e_x = 19082576 \text{ Н*мм} \quad 1,908258 \text{ Т*м}$$

Расчет усиленных изгибаемых железобетонных элементов по образованию трещин следует проводить из условия:

$$M_n > M_{crc} \text{ по п. 6.5.1 формула 6.89 СП164.1325800.2014}$$

$$6,988 > 1,908$$

образуются

#### 2. Расчет ширины раскрытия трещин, нормальных к продольной оси элемента при продолжительном раскрытии трещин выполняют в соответствии пункта 8.2.6 и формул 8.118 и 8.119 СП 63.13330.2012

$$a) \quad a_{crc} = a_{crc,1} \leq a_{crc,ult}$$

$$0,296665 < 0,3$$

верно

где  $a_{crc,1}$  – ширина раскрытия трещин от продолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок,

$a_{crc,ult}$  – предельно допустимая ширина раскрытия трещин из условия обеспечения сохранности арматуры

						16-10/2024-КЖ.РПЗ	Лист 4
Изм	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		



$E_{b,red} = R_{b,ser}/e_{b1,red} = 12333$  МПа Приведенный модуль деформации сжатого бетона, учитывающий неупругие деформации сжатого бетона, по п.8.2.16 формула 8.131 СП 63.13330.2012

$e_{b1,red} = 0,0015$

$\alpha_{s1} = E_s/E_{b,red} = 16,22$  Коэффициент приведения сжатой арматуры к бетону пункт 8.2.16 по формуле 8.130 СП63.13330.2012 и пункту 7.5 СП164.1325800.2014

Для изгибаемых элементов  $y_c=x$ , где  $x$  – высота сжатой зоны бетона, определяемая по пункту 8.2.28 СП63.13330.2012 при  $\alpha_{s2} = \alpha_{s1}$

$\alpha_{s2} = \alpha_{s1} = 16,22$  Коэффициент приведения растянутой арматуры к бетону

$\alpha_f = E_f/E_{b,red} = 20,27$  Коэффициент приведения внешней арматуры к бетону при расчете высоты сжатой зоны элемента по пункту 6.7.2 формула 6.98 СП164.1325800.2014

$A_{sf} = A_s + A_f = 1515$  мм<sup>2</sup> Суммарная площадь растянутой арматуры

$\alpha_{sf} = (A_s \cdot \alpha_{s2} + A_f \cdot \alpha_f) / A_{sf} = 17,39$  Коэффициент приведения растянутой арматуры и композитного материала к бетону

б) Определение значения начального модуля упругости при продолжительном действии нагрузки

$E_{b,T} = E_b / (1 + \Phi_{b,cr}) = 8571$  МПа

$\Phi_{b,cr} = 2,5$  коэффициент ползучести бетона принимаемый по табл. 6.12 СП 63.13330.2012, при влажности окруж. среды 40–75% Момент от действия постоянных и временных длительных нагрузок сравнивается с моментом образования трещин

$M_{crcl} > M_{crs}$

6,248 **требуется** 1,908 требуется расчет по ширине раскрытия трещин

в) Определение характеристик приведенного сечения.

Коэффициент приведения ненапрягаемой арматуры к бетону с учетом начального модуля упругости бетона

$\alpha = E_s/E_{b,T} = 23,33$

Коэффициент приведения внешней арматуры из композитных материалов к бетону с учетом начального модуля упругости бетона:

$\alpha_f = E_f/E_b = 29,17$

Площадь сечения:

$A = b \cdot h = 255200$  мм<sup>2</sup> 2552 см<sup>2</sup>

Площадь бетона без учета арматуры:

$A_b = b \cdot h - A_s - A'_s = 253496,8$  мм<sup>2</sup> 2534,968 см<sup>2</sup>

Площадь сечения приведенного поперечного сечения элемента, определяемая по пункту 6.5.4 формуле 6.95 СП164.1325800.2014:

$A_{red} = A_b + A_s \cdot \alpha + A'_s \cdot \alpha + A_f \cdot \alpha_f = 306056,1$  мм<sup>2</sup> 3060,561 см<sup>2</sup>

Статический момент бетонного сечения относительно наиболее растянутого волокна:

$S_T = b \cdot h \cdot (h/2) = 28072000$  мм<sup>3</sup> 28072 см<sup>3</sup>

Статический момент площади приведенного поперечного сечения элемента относительно наиболее растянутого волокна бетона:

$S_{T,red} = S_T + A_s \cdot \alpha \cdot a_s + A'_s \cdot \alpha \cdot (h - a'_s) + A_f \cdot \alpha_f \cdot 0 = 31240421$  мм<sup>3</sup> 31240,42 см<sup>3</sup>

Координата центра тяжести расчетного контура:

$y_0 = S_{T,red} / A_{red} = 102,0742$  мм 10,20742 см

Расстояние от наиболее растянутого волокна бетона до центра тяжести приведенного сечения:

$y_T = y_0 = 102,0742$  мм 10,20742 см

Расстояние от наиболее сжатого волокна в бетоне до центра тяжести приведенного сечения:

$y_c = h - y_0 = 117,9258$  мм 11,79258 см

Момент инерции бетонного сечения относительно центра тяжести приведенного сечения:

$I = b \cdot h^3 / 12 + b \cdot h \cdot (h/2 - y_c)^2 = 1,03E+09$  мм<sup>4</sup> 103132,9 см<sup>4</sup>

Момент инерции площадей сечения растянутой арматуры относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения:

$I_s = A_s \cdot (h - y_c - a_s)^2 = 6059776$  мм<sup>4</sup> 605,9776 см<sup>4</sup>

Момент инерции площади сечения сжатой арматуры относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения:

$I'_s = A'_s \cdot (y_c - a'_s)^2 = 2897542$  мм<sup>4</sup> 289,7542 см<sup>4</sup>

Момент инерции площади сечения растянутой композитной арматуры относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения

$I_f = A_f \cdot (h - y_c)^2 = 4579209$  мм<sup>4</sup> 457,9209 см<sup>4</sup>

Момент инерции приведенного поперечного сечения относительно его центра тяжести, определяемый с учетом внешней арматуры из полимерных композитов по пункту 6.5.4 формула 6.94 СП164.1325800.2014

$I_{red} = I + I_s \cdot \alpha + I'_s \cdot \alpha + I_f \cdot \alpha_f = 1,37E+09$  мм<sup>4</sup> 137389,4 см<sup>4</sup>

						16-10/2024-КЖ.РПЗ	Лист
							5
Изм	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		



Упругий момент сопротивления приведенного сечения по растянутой зоне сечения, определяемый в соответствии с указаниями п. 6.5.4 по формуле 6.92 СП164.1325800.2014

$$W_{red} = I_{red} / y_f = 13459760 \text{ мм}^3 \quad 13459,76 \text{ см}^3$$

Расстояние от центра тяжести приведенного сечения до ядровой точки, наиболее удаленной от растянутой зоны:

п. 6.5.4 по формуле 6.93 СП164.1325800.2014

$$e_x = W_{red} / A_{red} = 43,97808 \text{ мм} \quad 4,397808 \text{ см}$$

2) Определение средней высоты сжатой зоны изгибаемых элементов.

$$\mu_{sf} = A_{sf} / (b \cdot h_0); \quad \mu'_s = A'_s / (b \cdot h_0);$$

$$a = \mu_{sf} \cdot \alpha_{sf} + \mu'_s \cdot \alpha_{s1} = (A_{sf} \cdot \alpha_{sf} + A'_s \cdot \alpha_{s1}) / (b \cdot h_0) = 0,152007 \text{ мм} \quad 0,015201 \text{ см}$$

$$b = 2 \cdot (\mu_{sf} \cdot \alpha_{sf} + \mu'_s \cdot \alpha_{s1} \cdot [a' / h_0]) = 2 \cdot (A_{sf} \cdot \alpha_{sf} + A'_s \cdot \alpha_{s1} \cdot [a' / h_0]) / (b \cdot h_0) = 0,239714 \text{ мм} \quad 0,023971 \text{ см}$$

$$x_m = h_0 \cdot [v(a^2 + b) - a] = 74,71171 \text{ мм} \quad 7,471171 \text{ см} \quad \text{Пункт 8.2.30 формула 8.151 СП63.13330.2012 с учетом углохолста}$$

д) Определение ширины раскрытия трещин нормальных к продольной оси элемента

$$y_{cm} = x_m = 74,71171 \text{ мм} \quad 7,471171 \text{ см} \quad \text{Расстояние от наиболее сжатого волокна до центра тяжести приведенного сечения}$$

Момент инерции сжатой зоны бетона:

$$I = b \cdot x_m^3 / 12 = 40312784 \text{ мм}^4 \quad 4031,278 \text{ см}^4$$

Момент инерции площадей сечения растянутой арматуры относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения:

$$I_s = A_s \cdot (h - x_m - a_s)^2 = 15043855 \text{ мм}^4 \quad 1504,385 \text{ см}^4$$

Момент инерции площади сечения сжатой арматуры относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения:

$$I'_s = A'_s \cdot (x_m - a'_s)^2 = 383499,9 \text{ мм}^4 \quad 38,34999 \text{ см}^4$$

Момент инерции площади сечения растянутой композитной арматуры относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения:

$$I_f = A_f \cdot (h - x_m)^2 = 9277268 \text{ мм}^4 \quad 927,7268 \text{ см}^4$$

Момент инерции приведенного поперечного сечения относительно его центра тяжести, определяемый с учетом внешней арматуры

$$I_{red} = I + I_s \cdot \alpha_{s2} + I'_s \cdot \alpha_{s1} + I_f \cdot \alpha_f = 4,79E+08 \text{ мм}^4 \quad 47853,88 \text{ см}^4$$

Значение напряжения  $\sigma_s$  в растянутой арматуре изгибаемых элементов определяют при расстоянии  $y_c$  от наиболее сжатого волокна в бетоне до центра тяжести приведенного сечения равного

$$y_{cm} = x_m = y_c = 74,71171 \text{ мм} \quad 7,471171 \text{ см}$$

$$\sigma_s = [M_{crc1} \cdot (h_0 - y_c) / I_{red}] \cdot \alpha_{s1} = 280,4205 \text{ Н/мм}^2 \quad 280,4205 \text{ МПа} \quad \text{Пункт 8.2.16 формула 8.129 СП63.13330.2012}$$

Значение напряжения  $\sigma_s$  в растянутой арматуре в сечении с нормальными трещинами сразу после их образования, при  $M = M_{crc}$ :

$$\sigma_{s,crc} = [M_{crc} \cdot (h_0 - y_c) / I_{red}] \cdot \alpha_{s1} = 85,64573 \text{ Н/мм}^2 \quad 85,64573 \text{ МПа} \quad \text{Пункт 8.2.16 формула 8.129 СП63.13330.2012}$$

Коэффициент, учитывающий неравномерное распределение относительных деформаций растянутой арматуры между трещинами:

$$\Psi_s = 1 - 0,8 \cdot \sigma_{s,crc} / \sigma_s = 0,755665 \quad \text{Пункт 8.2.18 формула 8.138 СП63.13330.2012}$$

Определение площади растянутого бетона при условии, что  $2 \cdot a \leq x_f \leq 0,5 \cdot h$

$$2 \cdot a = 54 \quad x_f = h - x_m = 145,3 \quad 0,5 \cdot h = 110$$

$$x_f = 110 \text{ мм}$$

$$A_{bt} = x_f \cdot b = 127600 \text{ мм}^2 \quad 1276 \text{ см}^2$$

Определяем базовое расстояние между трещинами по пункту 8.2.17 формула 8.136 СП63.13330.2012, при условии  $10 \cdot d_s \leq l_s \leq 40 \cdot d_s$

$$10 \cdot d_s = 140 \text{ но } l_s \geq 100 \quad 40 \cdot d_s = 560 \text{ но } l_s \leq 400$$

$$l_s = 0,5 \cdot A_{bt} \cdot d_s / (A_s + A_f) = 589,7009 \text{ мм} \quad 58,97009 \text{ см}$$

$$l_s = 400 \text{ мм}$$

$$a_{crc,1} = \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \cdot \Psi_s \cdot (\sigma_s / E_s) \cdot l_s = 0,296665 \text{ мм}$$

$$\varphi_1 = 1,4 \quad \text{коэффициент, учитывающий продолжительность действия нагрузки, при продолжительном действии нагрузки} = 1,4$$

$$\varphi_2 = 0,5 \quad \text{коэффициент, учитывающий профиль продольной арматуры, при арматуре периодического профиля и канатной} = 0,5$$

$$\varphi_3 = 1 \quad \text{коэффициент, учитывающий характер нагружения, для изгибаемых и внецентренно сжатых элементов} = 1,0$$

3. Расчет ширины раскрытия трещин, нормальных к продольной оси элемента при непродолжительном раскрытии трещин выполняют в соответствии пункта 8.2.6 и формул 8.118 и 8.119 СП 63.13330.2012

$$a) \quad a_{crc} = a_{crc,1} + a_{crc,2} - a_{crc,3} \leq a_{crc,ult}$$
$$0,329878 \quad \text{верно} \quad 0,4$$

где  $a_{crc,1}$  – ширина раскрытия трещин от продолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок,

$a_{crc,2}$  – ширина раскрытия трещин от непродолжительного действия постоянных и временных (длительных и кратковременных) нагрузок

$a_{crc,3}$  – ширина раскрытия трещин от непродолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок

$a_{crc,ult}$  – предельно допустимая ширина раскрытия трещин из условия обеспечения сохранности арматуры

						16-10/2024-КЖ.РПЗ	Лист
							6
Изм	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		



б) Определяем  $a_{crc,2}$  – при действии максимального изгибающего момента  $M_n$  от всех нормативных нагрузок

Значение напряжения  $\sigma_s$  в растянутой арматуре изгибаемых элементов определяют при расстоянии  $y_c$  от наиболее сжатого волокна в бетоне до центра тяжести приведенного сечения равного

$$y_{cm} = x_m = y_c = 74,71171 \text{ мм} \quad 7,471171 \text{ см}$$

$$\sigma_s = [M_n \cdot (h_0 - y_c) / I_{red}] \cdot \alpha_{s1} = 313,6329 \text{ Н/мм}^2 \quad 313,6329 \text{ МПа} \quad \text{Пункт 8.2.16 формула 8.129 СП63.13330.2012}$$

Значение напряжения  $\sigma_s$  в растянутой арматуре в сечении с нормальными трещинами сразу после их образования, при  $M = M_{crc}$ :

$$\sigma_{s,crc} = [M_{crc} \cdot (h_0 - y_c) / I_{red}] \cdot \alpha_{s1} = 85,64573 \text{ Н/мм}^2 \quad 85,64573 \text{ МПа} \quad \text{Пункт 8.2.16 формула 8.129 СП63.13330.2012}$$

Коэффициент, учитывающий неравномерное распределение относительных деформаций растянутой арматуры между трещинами:

$$\Psi_s = 1 - 0,8 \cdot \sigma_{s,crc} / \sigma_s = 0,781539 \quad \text{Пункт 8.2.18 формула 8.138 СП63.13330.2012}$$

Определение площади растянутого бетона при условии, что  $2 \cdot a \leq x_t \leq 0,5 \cdot h$

$$2 \cdot a = 54 \quad x_t = h - x_m = 145,3 \quad 0,5 \cdot h = 110$$

$$x_t = 110 \text{ мм}$$

$$A_{bt} = x_t \cdot b = 127600 \text{ мм}^2 \quad 1276 \text{ см}^2$$

Определяем базовое расстояние между трещинами по пункту 8.2.17 формула 8.136 СП63.13330.2012, при условии  $10 \cdot d_s \leq l_s \leq 40 \cdot d_s$

$$10 \cdot d_s = 140 \text{ но } l_s \geq 100 \quad 40 \cdot d_s = 560 \text{ но } l_s \leq 400$$

$$l_s = 0,5 \cdot A_{bt} \cdot d_s / (A_s + A_f) = 589,7009 \text{ мм} \quad 58,97009 \text{ см}$$

$$l_s = 400 \text{ мм}$$

$$a_{crc,2} = \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \cdot \Psi_s \cdot (\sigma_s / E_s) \cdot l_s = 0,245116 \text{ мм}$$

$$\varphi_1 = 1 \quad \text{коэффициент, учитывающий продолжительность действия нагрузки, при непродолжительном действии нагрузки} = 1,0$$

$$\varphi_2 = 0,5 \quad \text{коэффициент, учитывающий профиль продольной арматуры, при арматуре периодического профиля и канатной} = 0,5$$

$$\varphi_3 = 1 \quad \text{коэффициент, учитывающий характер загрузки, для изгибаемых и внецентренно сжатых элементов} = 1,0$$

б) Определяем  $a_{crc,3}$  – при непродолжительном действии нормативного изгибающего момента  $M_{crc1}$  от постоянных и временных длительных нагрузок

Значение напряжения  $\sigma_s$  в растянутой арматуре изгибаемых элементов определяют при расстоянии от наиболее сжатого волокна в бетоне до центра тяжести приведенного сечения равного  $y_c$

$$y_{cm} = x_m = y_c = 74,71171 \text{ мм} \quad 7,471171 \text{ см}$$

$$\sigma_s = [M_{crc1} \cdot (h_0 - y_c) / I_{red}] \cdot \alpha_{s1} = 280,4205 \text{ Н/мм}^2 \quad 280,4205 \text{ МПа} \quad \text{Пункт 8.2.16 формула 8.129 СП63.13330.2012}$$

Значение напряжения  $\sigma_s$  в растянутой арматуре в сечении с нормальными трещинами сразу после их образования, при  $M = M_{crc}$ :

$$\sigma_{s,crc} = [M_{crc} \cdot (h_0 - y_c) / I_{red}] \cdot \alpha_{s1} = 85,64573 \text{ Н/мм}^2 \quad 85,64573 \text{ МПа} \quad \text{Пункт 8.2.16 формула 8.129 СП63.13330.2012}$$

Коэффициент, учитывающий неравномерное распределение относительных деформаций растянутой арматуры между трещинами:

$$\Psi_s = 1 - 0,8 \cdot \sigma_{s,crc} / \sigma_s = 0,755665 \quad \text{Пункт 8.2.18 формула 8.138 СП63.13330.2012}$$

Определение площади растянутого бетона при условии, что  $2 \cdot a \leq x_t \leq 0,5 \cdot h$

$$2 \cdot a = 54 \quad x_t = h - x_m = 145,3 \quad 0,5 \cdot h = 110$$

$$x_t = 110 \text{ мм}$$

$$A_{bt} = x_t \cdot b = 127600 \text{ мм}^2 \quad 1276 \text{ см}^2$$

Определяем базовое расстояние между трещинами по пункту 8.2.17 формула 8.136 СП63.13330.2012, при условии  $10 \cdot d_s \leq l_s \leq 40 \cdot d_s$

$$10 \cdot d_s = 140 \text{ но } l_s \geq 100 \quad 40 \cdot d_s = 560 \text{ но } l_s \leq 400$$

$$l_s = 0,5 \cdot A_{bt} \cdot d_s / (A_s + A_f) = 589,7009 \text{ мм} \quad 58,97009 \text{ см}$$

$$l_s = 400 \text{ мм}$$

$$a_{crc,3} = \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \cdot \Psi_s \cdot (\sigma_s / E_s) \cdot l_s = 0,211904 \text{ мм}$$

$$\varphi_1 = 1 \quad \text{коэффициент, учитывающий продолжительность действия нагрузки, при непродолжительном действии нагрузки} = 1,0$$

$$\varphi_2 = 0,5 \quad \text{коэффициент, учитывающий профиль продольной арматуры, при арматуре периодического профиля и канатной} = 0,5$$

$$\varphi_3 = 1 \quad \text{коэффициент, учитывающий характер загрузки, для изгибаемых и внецентренно сжатых элементов} = 1,0$$

						16-10/2024-КЖ.РПЗ	Лист
							7
Изм	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		



Расчет усиления угл. холстом плит перекрытия подвала П2 в осях 15-16/Г-Е.

Данные для расчета : Нижняя зона плиты

Характеристики СВА: CWrap Fabric 530/300

$R_{f,n}$ =	4900	МПа	Нормативная прочность на растяжение углехолста, согласно испытаниям материала в партии
$E_{f,n} = E_f$ =	250000	МПа	Модуль упругости углехолста, п. 5.2.4 СП 164.1325800.2014
$t_f$ =	0,293	мм	Толщина (монослоя) углехолста
$n$ =	3	шт	Кол-во слоев углехолста
$b_f$ =	750	мм	Ширина углехолста на 1м.п. сечения

Характеристики конструкции Бетон B25 Арматура A400

$h$ =	220	мм	Высота плиты (балки)
$a_s$ =	27	мм	Расстояние до центра растянутой арматуры
$a_s'$ =	50	мм	Расстояние до центра сжатой арматуры
$\varnothing 1s$ =	14	мм	Средний диаметр стержня растянутой арматуры
$\varnothing 1's$ =	20	мм	Средний диаметр стержня сжатой арматуры
$f1s$ =	232	мм	Шаг среднего диаметра растянутой арматуры
$f'1s$ =	580	мм	Шаг среднего диаметра сжатой арматуры
$M$ =	9,225	т	Максимальный расчетный изгибающий момент
$M_n$ =	6,988	т	Максимальный нормативный изгибающий момент
$M_{crc1}$ =	6,248	т	Изгибающий момент от постоянной и временной длительной нормативной нагрузки
$b$ =	1160	мм	Ширина плиты (балки)
$R_b$ =	14,5	МПа	$R_b \cdot 0,9 = 13,05$ МПа Прочность бетона на сжатие, п. 6.1.5 СП 164.1325800.2014
$R_{bt,ser}$ =	1,55	МПа	$R_{bt,ser} \cdot 0,9 = 1,395$ МПа Прочность бетона на растяжение, п. 6.1.5 СП 164.1325800.2014
$R_{b,n}=R_{b,ser}$ =	18,5	МПа	Нормативная прочность бетона на сжатие для предельных состояний I группы и расчетная прочность на сжатие для предельных состояний II группы по таблица 6.7 СП 63.13330.2012
$E_b$ =	30000	МПа	Модуль упругости (начальный) бетона, при сжатии и растяжении по табл. 6.11 СП 63.13330.2012
$A_s$ =	769,3	мм <sup>2</sup>	Площадь растянутой арматуры
$A_s'$ =	628	мм <sup>2</sup>	Площадь сжатой арматуры
$E_s$ =	200000	МПа	Модуль упругости арматуры при растяжении и сжатии, п. 6.2.12 СП 63.13330.2012
$R_s$ =	350	МПа	$R_s \cdot 0,9 = 315$ МПа Расчетное сопротивление арматуры растяжению, п. 6.1.5 СП 164.1325800.2014
$R_{sc}$ =	350	МПа	$R_{sc} \cdot 0,9 = 315$ МПа Расчетное сопротивление арматуры сжатию, п. 6.1.5 СП 164.1325800.2014
$A_f$ =	659,25	мм2	Площадь поперечного сечения углехолста
$y_{f1}$ =	0,9		Коэффициент условий работы композитного материала, по табл. 3 СП 164.1325800.2014
$y_{f2 np}$ =	1		Коэффициент, учитывающий сцепление композитного материала с бетоном, п. 5.2.5 форм. 5.2 СП 164.1325800.2014
$y_f$ =	1,2		Коэффициент для I группы предельных состояний, п. 5.2.5 форм. 5.1 СП 164.1325800.2014
$y_f$ =	1		Коэффициент для II группы предельных состояний, п. 5.2.5 форм. 5.1 СП 164.1325800.2014

Результаты расчета по I предельному состоянию:  $M_{max} \leq M_{ult}$  Расчет по прочности сечений изгибаемых элем-в  
9,225 верно 17,8

Результаты расчета по II предельному состоянию:  $a_{crc} = a_{crc,1} \leq a_{crc,ult}$  Расчет ширины раскрытия трещин, нормальных к  
0,288843 верно 0,3 продольной оси элемента при продолжительном раскрытии трещин

$a_{crc} = a_{crc,1} + a_{crc,2} - a_{crc,3} \leq a_{crc,ult}$  Расчет ширины раскрытия трещин, нормальных к  
0,321275 верно 0,4 к продольной оси элемента при непродолжительном раскрытии трещин

						16-10/2024-КЖ.РПЗ		
Изм	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата			
Разработал	Смирнова					Расчетно-пояснительная записка	Стадия	Лист
Проверил	Щербенюк						Р	8
Н. контроль	Гольденберг						ООО "УСН-Девелопмент"	
ГИП	Михеев							



**I. Расчет по предельным состояниям первой группы**  
**Расчет по прочности нормальных сечений по предельным усилиям**

1. Определение расчетного значения сопротивления растяжению углехолста:

а)  $R_f = (y_{f1} \cdot y_{f2} \cdot R_{f,n}) / y_f =$  3675 МПа  $R_f$  для расчета  $y_{f2}$ , формула 5.3 СП 164.1325800.2014

б)  $\epsilon_{f,ult} = R_f \cdot (y_{f2} - 1) / E_f = (y_{f1} \cdot y_{f2} \cdot R_{f,n}) / (y_f \cdot E_f) =$  0,0147 Расчетное значение предельных относительных деформаций композитного материала, формула 5.4 СП 164.1325800.2014

в)  $y_{f2} = [1 / (2,5 \cdot \epsilon_{f,ult})] \cdot [\sqrt{R_b} / (n \cdot E_f \cdot t_f)] =$  0,209693 Коэффициент условий работы композитного материала, учитывающий сцепление композитного материала с бетоном, формула 5.2 СП 164.1325800.2014, **но не более 0,9**

г) Принимаем  $y_{f2} =$  0,21

д)  $R_f = (y_{f1} \cdot y_{f2} \cdot R_{f,n}) / y_f =$  770,621 МПа Расчетное значение сопротивления растяжению, формула 5.1 СП 164.1325800.2014

е)  $A_{sk} = R_f \cdot b_f \cdot t_f \cdot n / R_s =$  1451,52 мм<sup>2</sup> Эквивалент площади углехолста, выраженный через арматуру

2. Проверяем соблюдение условия пункт 6.2.1 формула 6.1 СП164.1325800.2014:

$R_f \leq (\epsilon_{s2} - \epsilon_s^0) \cdot E_f$  п. 6.2.1 формула 6.1 СП164.1325800.2014  
 770,6 **верно** 6250

а)  $\epsilon_{s2} =$  0,025 предельное значение относительной деформации стальной арматуры, принимаемое = 0,025 – для арматуры с физическим пределом текучести (A240–A500, B500) и = 0,015 – для арматуры с условным пределом текучести (A600–A1000). п. 6.2.1 формула 6.1 СП164.1325800.2014

б)  $\epsilon_s^0 = M_0 \cdot (h_0 - x_0) / (E_{b1} \cdot I_{red}) =$  0,0000000566 мм<sup>4</sup> Значение начальной относительной деформации существующей стальной арматуры определяют по п. 6.2.4 формула 6.3 СП164.1325800.2014

$M_0 =$  4 м Изгибающий момент от фактической нагрузки, действующей на конструкцию до усиления, относительно оси, нормальной к плоскости действия изгибающего момента и проходящей через центр тяжести приведенного поперечного сечения элем.

$E_{b1} = E_{b,red} = R_{b,n} / e_{b1,red} =$  12333 МПа Приведенный модуль деформации сжатого бетона, учитывающий неупругие деформации сжатого бетона, по п.8.2.16 формула 8.131 СП 63.13330.2012

$e_{b1,red} =$  0,0015

Определяем момент инерции приведенного поперечного сечения относительно его центра тяжести;

$I_{red} = I_b + I_s \cdot \alpha + I'_s \cdot \alpha =$  1088604,766 мм<sup>4</sup> 108860,4766 см<sup>4</sup>  $x_0 = (R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s) / R_b \cdot b =$  2,94 мм

$I_b = b \cdot h^3 / 12 =$  1029306667 мм<sup>4</sup> 102930,6667 см<sup>4</sup> Высота сжатой зоны бетона при определении начальной

$I_s = A_s \cdot (h - a_s - h/2)^2 =$  5299707,7 мм<sup>4</sup> 529,97077 см<sup>4</sup> относительной деформации растянутой арматуры

$I'_s = A'_s \cdot (h/2 - a'_s)^2 =$  2260800 мм<sup>4</sup> 226,08 см<sup>4</sup>

$\alpha = E_s / E_{b1} =$  7,843137255  $E_{b1} = 0,85 \cdot E_b =$  25500 МПа

3. Проверяем соблюдение условия:

$\xi = x/h \leq \xi_{R,f}$  п. 6.2.7 СП164.1325800.2014  
 0,166 **не верно** 0,154

а)  $\xi_{R,f} = x_{R,f} / h = \omega / (1 + (\epsilon_{f,ult} + \epsilon_b^0) / \epsilon_{b2}) =$  0,154 Граничная относительная высота сжатой зоны

$\omega =$  0,8 Характеристика сжатой зоны бетона, принимаемая для тяжелого бетона классов до B60 включительно равной 0,8;

$\epsilon_{f,ult} = R_f / E_f =$  0,015 Значение предельных относительных деформаций композитного материала, определяемое по формуле (5.4) СП164.1325800.2014 при значении  $R_f$ , вычисленном по формуле (5.1) СП164.1325800.2014, при  $y_{f2} = 1$

$\epsilon_{b2} =$  0,0035 Относительные деформации тяжелого, мелкозернистого и напрягающего сжатого бетонов при напряжениях  $R_b$ , принимаемые по пункту 6.1.20 СП 63.13330.2012

$\epsilon_b^0 = M_0 \cdot x_0 / (E_{b1} \cdot I_{red}) =$  4,24E-10 мм<sup>4</sup> Значение начальной относительной деформации сжатого бетона

$x_0 =$  2,94 мм Высота сжатой зоны бетона при определении начальной относительной деформации сжатого бетона

б) Высоту сжатой зоны определяем согласно п. 6.2.7 формула 6.7 СП 164.1325800.2014:

$x = (R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s + R_f \cdot A_f) / R_b \cdot b =$  36,5 мм

4. Значение Mult для изгибаемых элементов прямоугольного сечения при не выполнении условия  $\xi = x/h \leq \xi_{R,f}$  следует определять как:

$Mult = R_b \cdot b \cdot \bar{X} \cdot (h_0 - 0,5 \cdot \bar{X}) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') + \sigma_f \cdot A_f \cdot a =$  178028512,8 Н\*мм 17,80285128 Т\*м

$\epsilon_{s,el} = R_s / E_s =$  0,002  $\xi_{R,h0} > x > \xi_{R,f} \cdot h$   $x > \xi_{R,h0}$

$\xi_{R,h0} = xR/h_0 = \omega / (1 + \epsilon_{s,el} / \epsilon_{b2}) =$  0,552 106,5 36,50029 33,85 36,5 106,5

$\epsilon_{0bt} = (\epsilon_{0s} \cdot h + \epsilon_{0b} \cdot a) / h_0 =$  6E-08 **верно** **не верно**

$\sigma_f = [\epsilon_{b2} (\omega \cdot h / x - 1) - k \cdot \epsilon_{0bt}] \cdot E_f =$  3344  $\bar{X} = \xi_{R,f} \cdot h =$  33,85  $k =$  0  $\bar{X} = \xi_{R,h0} =$  106,5  $k =$  1

Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов, усиленных СВА из композитных материалов, следует производить из условия:

$M \leq M_{ult}$  по п. 6.2.6 формула 6.5 СП164.1325800.2014

9,225 **верно** 17,8

						16-10/2024-КЖ.РПЗ		Лист
								9
Изм	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата			



### Расчет по раскрытию нормальных трещин

$a_{cr,ult}$  – предельно допустимая ширина раскрытия трещин из условия обеспечения сохранности арматуры

						16-10/2024-КЖ.РПЗ	Лист
							10
Изм	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		



$E_{b,red} = R_{b,ser}/e_{b1,red} = 12333$  МПа Приведенный модуль деформации сжатого бетона, учитывающий неупругие деформации сжатого бетона, по п.8.2.16 формула 8.131 СП 63.13330.2012

$e_{b1,red} = 0,0015$

$\alpha_{s1} = E_s/E_{b,red} = 16,22$  Коэффициент приведения сжатой арматуры к бетону пункт 8.2.16 по формуле 8.130 СП63.13330.2012 и пункту 7.5 СП164.1325800.2014

Для изгибаемых элементов  $y_c=x$ , где  $x$  – высота сжатой зоны бетона, определяемая по пункту 8.2.28 СП63.13330.2012 при  $\alpha_{s2} = \alpha_{s1}$

$\alpha_{s2} = \alpha_{s1} = 16,22$  Коэффициент приведения растянутой арматуры к бетону

$\alpha_f = E_f/E_{b,red} = 20,27$  Коэффициент приведения внешней арматуры к бетону при расчете высоты сжатой зоны элемента по пункту 6.7.2 формула 6.98 СП164.1325800.2014

$A_{sf} = A_s + A_f = 1429$  мм<sup>2</sup> Суммарная площадь растянутой арматуры

$\alpha_{sf} = (A_s \cdot \alpha_{s2} + A_f \cdot \alpha_f)/A_{sf} = 18,09$  Коэффициент приведения растянутой арматуры и композитного материала к бетону

б) Определение значения начального модуля упругости при продолжительном действии нагрузки

$E_{b,\tau} = E_b/(1+\Phi_{b,cr}) = 8571$  МПа

$\Phi_{b,cr} = 2,5$  коэффициент ползучести бетона принимаемый по табл. 6.12 СП 63.13330.2012, при влажности окруж. среды 40–75%  
Момент от действия постоянных и временных длительных нагрузок сравнивается с моментом образования трещин

$M_{crcl} > M_{crs}$

6,248 **требуется** 1,926 **требуется** расчет по ширине раскрытия трещин

в) Определение характеристик приведенного сечения.

Коэффициент приведения ненапрягаемой арматуры к бетону с учетом начального модуля упругости бетона

$\alpha = E_s/E_{b,\tau} = 23,33$

Коэффициент приведения внешней арматуры из композитных материалов к бетону с учетом начального модуля упругости бетона:

$\alpha_f = E_f/E_b = 29,17$

Площадь сечения:

$A = b \cdot h = 255200$  мм<sup>2</sup> 2552 см<sup>2</sup>

Площадь бетона без учета арматуры:

$A_b = b \cdot h - A_s - A'_s = 253802,7$  мм<sup>2</sup> 2538,027 см<sup>2</sup>

Площадь сечения приведенного поперечного сечения элемента, определяемая по пункту 6.5.4 формуле 6.95 СП164.1325800.2014:

$A_{red} = A_b + A_s \cdot \alpha + A'_s \cdot \alpha + A_f \cdot \alpha_f = 305634,5$  мм<sup>2</sup> 3056,345 см<sup>2</sup>

Статический момент бетонного сечения относительно наиболее растянутого волокна:

$S_t = b \cdot h \cdot (h/2) = 28072000$  мм<sup>3</sup> 28072 см<sup>3</sup>

Статический момент площади приведенного поперечного сечения элемента относительно наиболее растянутого волокна бетона:

$S_{t,red} = S_t + A_s \cdot \alpha \cdot a_s + A'_s \cdot \alpha \cdot (h - a'_s) + A_f \cdot \alpha_f \cdot 0 = 31047726$  мм<sup>3</sup> 31047,73 см<sup>3</sup>

Координата центра тяжести расчетного контура:

$y_0 = S_{t,red}/A_{red} = 101,5845$  мм 10,15845 см

Расстояние от наиболее растянутого волокна бетона до центра тяжести приведенного сечения:

$y_t = y_0 = 101,5845$  мм 10,15845 см

Расстояние от наиболее сжатого волокна в бетоне до центра тяжести приведенного сечения:

$y_c = h - y_0 = 118,4155$  мм 11,84155 см

Момент инерции бетонного сечения относительно центра тяжести приведенного сечения:

$I = b \cdot h^3/12 + b \cdot h \cdot (h/2 - y_c)^2 = 1,03E+09$  мм<sup>4</sup> 103145,4 см<sup>4</sup>

Момент инерции площадей сечения растянутой арматуры относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения:

$I_s = A_s \cdot (h - y_c - a_s)^2 = 4279498$  мм<sup>4</sup> 427,9498 см<sup>4</sup>

Момент инерции площади сечения сжатой арматуры относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения:

$I'_s = A'_s \cdot (y_c - a'_s)^2 = 2939468$  мм<sup>4</sup> 293,9468 см<sup>4</sup>

Момент инерции площади сечения растянутой композитной арматуры относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения

$I_f = A_f \cdot (h - y_c)^2 = 6803071$  мм<sup>4</sup> 680,3071 см<sup>4</sup>

Момент инерции приведенного поперечного сечения относительно его центра тяжести, определяемый с учетом внешней арматуры из полимерных композитов по пункту 6.5.4 формула 6.94 СП164.1325800.2014

$I_{red} = I + I_s \cdot \alpha + I'_s \cdot \alpha + I_f \cdot \alpha_f = 1,4E+09$  мм<sup>4</sup> 139832 см<sup>4</sup>

						16-10/2024-КЖ.РПЗ	Лист
							11
Изм	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		







б) Определяем  $a_{crc,2}$  – при действии максимального изгибающего момента  $M_n$  от всех нормативных нагрузок

Значение напряжения  $\sigma_s$  в растянутой арматуре изгибаемых элементов определяют при расстоянии  $y_c$  от наиболее сжатого волокна в бетоне до центра тяжести приведенного сечения равного

$$y_{cm} = x_m = y_c = 74,90076 \text{ мм} \quad 7,490076 \text{ см}$$

$$\sigma_s = [M_n \cdot (h_0 - y_c) / I_{red}] \cdot \alpha_{s1} = 306,2587 \text{ Н/мм}^2 \quad 306,2587 \text{ МПа} \quad \text{Пункт 8.2.16 формула 8.129 СП63.13330.2012}$$

Значение напряжения  $\sigma_s$  в растянутой арматуре в сечении с нормальными трещинами сразу после их образования, при  $M = M_{crc}$ :

$$\sigma_{s,crc} = [M_{crc} \cdot (h_0 - y_c) / I_{red}] \cdot \alpha_{s1} \quad 84,38823 \text{ Н/мм}^2 \quad 84,38823 \text{ МПа} \quad \text{Пункт 8.2.16 формула 8.129 СП63.13330.2012}$$

Коэффициент, учитывающий неравномерное распределение относительных деформаций растянутой арматуры между трещинами:

$$\Psi_s = 1 - 0,8 \cdot \sigma_{s,crc} / \sigma_s = 0,779564 \quad \text{Пункт 8.2.18 формула 8.138 СП63.13330.2012}$$

Определение площади растянутого бетона при условии, что  $2 \cdot a \leq x_t \leq 0,5 \cdot h$

$$2 \cdot a = 54 \quad x_t = h - x_m = 145,1 \quad 0,5 \cdot h = 110$$

$$x_t = 110 \text{ мм}$$

$$A_{bt} = x_t \cdot b = 127600 \text{ мм}^2 \quad 1276 \text{ см}^2$$

Определяем базовое расстояние между трещинами по пункту 8.2.17 формула 8.136 СП63.13330.2012, при условии  $10 \cdot d_s \leq l_s \leq 40 \cdot d_s$

$$10 \cdot d_s = 140 \text{ но } l_s \geq 100 \quad 40 \cdot d_s = 560 \text{ но } l_s \leq 400$$

$$l_s = 0,5 \cdot A_{bt} \cdot d_s / (A_s + A_f) = 625,2494 \text{ мм} \quad 62,52494 \text{ см}$$

$$l_s = 400 \text{ мм}$$

$$a_{crc,2} = \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \cdot \Psi_s \cdot (\sigma_s / E_s) \cdot l_s = 0,238748 \text{ мм}$$

$$\varphi_1 = 1 \quad \text{коэффициент, учитывающий продолжительность действия нагрузки, при непродолжительном действии нагрузки} = 1,0$$

$$\varphi_2 = 0,5 \quad \text{коэффициент, учитывающий профиль продольной арматуры, при арматуре периодического профиля и канатной} = 0,5$$

$$\varphi_3 = 1 \quad \text{коэффициент, учитывающий характер загрузки, для изгибаемых и внецентренно сжатых элементов} = 1,0$$

б) Определяем  $a_{crc,3}$  – при непродолжительном действии нормативного изгибающего момента  $M_{crc1}$  от постоянных и временных длительных нагрузок

Значение напряжения  $\sigma_s$  в растянутой арматуре изгибаемых элементов определяют при расстоянии от наиболее сжатого волокна в бетоне до центра тяжести приведенного сечения равного  $y_c$

$$y_{cm} = x_m = y_c = 74,90076 \text{ мм} \quad 7,490076 \text{ см}$$

$$\sigma_s = [M_{crc1} \cdot (h_0 - y_c) / I_{red}] \cdot \alpha_{s1} = 273,8272 \text{ Н/мм}^2 \quad 273,8272 \text{ МПа} \quad \text{Пункт 8.2.16 формула 8.129 СП63.13330.2012}$$

Значение напряжения  $\sigma_s$  в растянутой арматуре в сечении с нормальными трещинами сразу после их образования, при  $M = M_{crc}$ :

$$\sigma_{s,crc} = [M_{crc} \cdot (h_0 - y_c) / I_{red}] \cdot \alpha_{s1} \quad 84,38823 \text{ Н/мм}^2 \quad 84,38823 \text{ МПа} \quad \text{Пункт 8.2.16 формула 8.129 СП63.13330.2012}$$

Коэффициент, учитывающий неравномерное распределение относительных деформаций растянутой арматуры между трещинами:

$$\Psi_s = 1 - 0,8 \cdot \sigma_{s,crc} / \sigma_s = 0,753456 \quad \text{Пункт 8.2.18 формула 8.138 СП63.13330.2012}$$

Определение площади растянутого бетона при условии, что  $2 \cdot a \leq x_t \leq 0,5 \cdot h$

$$2 \cdot a = 54 \quad x_t = h - x_m = 145,1 \quad 0,5 \cdot h = 110$$

$$x_t = 110 \text{ мм}$$

$$A_{bt} = x_t \cdot b = 127600 \text{ мм}^2 \quad 1276 \text{ см}^2$$

Определяем базовое расстояние между трещинами по пункту 8.2.17 формула 8.136 СП63.13330.2012, при условии  $10 \cdot d_s \leq l_s \leq 40 \cdot d_s$

$$10 \cdot d_s = 140 \text{ но } l_s \geq 100 \quad 40 \cdot d_s = 560 \text{ но } l_s \leq 400$$

$$l_s = 0,5 \cdot A_{bt} \cdot d_s / (A_s + A_f) = 625,2494 \text{ мм} \quad 62,52494 \text{ см}$$

$$l_s = 400 \text{ мм}$$

$$a_{crc,3} = \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \cdot \Psi_s \cdot (\sigma_s / E_s) \cdot l_s = 0,206317 \text{ мм}$$

$$\varphi_1 = 1 \quad \text{коэффициент, учитывающий продолжительность действия нагрузки, при непродолжительном действии нагрузки} = 1,0$$

$$\varphi_2 = 0,5 \quad \text{коэффициент, учитывающий профиль продольной арматуры, при арматуре периодического профиля и канатной} = 0,5$$

$$\varphi_3 = 1 \quad \text{коэффициент, учитывающий характер загрузки, для изгибаемых и внецентренно сжатых элементов} = 1,0$$

**Вывод: несущая способность плит перекрытия подвала обеспечена.**

						16-10/2024-КЖ.РПЗ	Лист
							13
Изм	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		



Расчет усиления ж\б балок перекрытия подведением новых металлических балок.

Расчет выполнен по СП 16.13330.2017 с изменениями №1,2

Общие характеристики

Сталь: С255

Группа конструкций по приложению В СП 16.13330 2

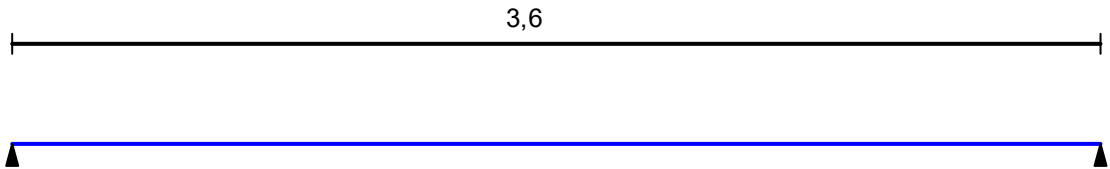
Коэффициент надежности по ответственности  $\gamma_n = 1$

Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) 1

Коэффициент условий работы 1



Конструктивное решение



Закрепления от поперечных смещений и поворотов

	Слева	Справа
Смещение вдоль Y	Закреплено	Закреплено
Смещение вдоль Z	Закреплено	Закреплено
Поворот вокруг Y		
Поворот вокруг Z		

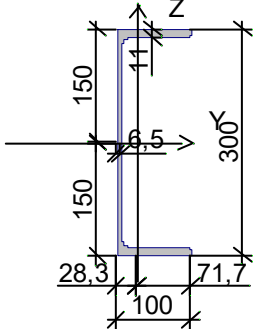
Закрепления из плоскости изгиба  Число участков n=6

Неупругая работа сечения не допускается

Сечение




Геометрические характеристики

Инв № подл.	Подпись и дата	Взамен инв. №	<div></div> <p>Профиль: Швеллер с параллельными гранями полок по ГОСТ 8240-89 30П</p>				
<b>Геометрические характеристики</b>							
						16-10/2024-КЖ.РПЗ	Лист
							14
Изм	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		



	Параметр	Значение	Единица измерения
A	Площадь поперечного сечения	40,5	см <sup>2</sup>
A <sub>v,y</sub>	Условная площадь среза вдоль оси U	15,289	см <sup>2</sup>
A <sub>v,z</sub>	Условная площадь среза вдоль оси V	17,09	см <sup>2</sup>
α	Угол наклона главных осей инерции	0	град
I <sub>y</sub>	Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y	5830	см <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	Момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельной оси Z	393	см <sup>4</sup>
I <sub>t</sub>	Момент инерции при свободном кручении	11,62	см <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	Секториальный момент инерции	65080,821	см <sup>6</sup>
i <sub>y</sub>	Радиус инерции относительно оси Y1	11,998	см
i <sub>z</sub>	Радиус инерции относительно оси Z1	3,115	см
Y <sub>s</sub>	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси Y	0	см
Z <sub>s</sub>	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси Z	0	см
W <sub>u+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси U	388,667	см <sup>3</sup>
W <sub>u-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси U	388,667	см <sup>3</sup>
W <sub>v+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси V	138,869	см <sup>3</sup>
W <sub>v-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси V	54,812	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,u</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси U	451,912	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,v</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси V	110,928	см <sup>3</sup>
I <sub>u</sub>	Максимальный момент инерции	5830	см <sup>4</sup>
I <sub>v</sub>	Минимальный момент инерции	393	см <sup>4</sup>
i <sub>u</sub>	Максимальный радиус инерции	11,998	см
i <sub>v</sub>	Минимальный радиус инерции	3,115	см
a <sub>u+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	3,429	см
a <sub>u-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	1,353	см
a <sub>v+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	9,597	см
a <sub>v-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	9,597	см
Z <sub>b</sub>	Координата центра изгиба по оси Z	15	см
P	Периметр	95,9	см
M	Масса 1 м	31,793	кг

Загружение 1 - постоянное

	Тип нагрузки	Величина	Коэффициент включения собственного веса
		0,032	Т/м 1,05

Взамен инв. №

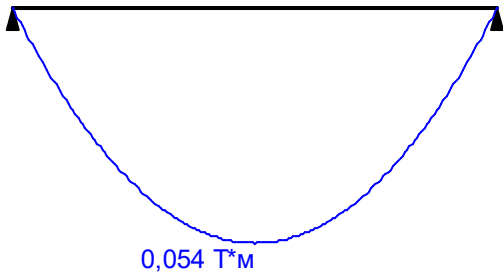
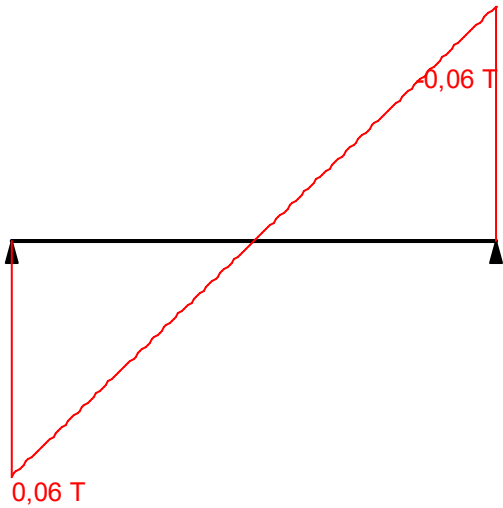
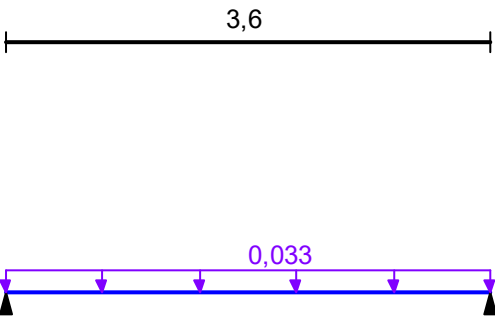
Подпись и дата

Инв. № подл.


						16-10/2024-КЖ.РПЗ	Лист
							15
Изм	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		



Загружение 1 - постоянное  
Коэффициент надежности по нагрузке: 1,1  
Пояс, к которому приложена нагрузка: верхний



Загружение 2 - постоянное

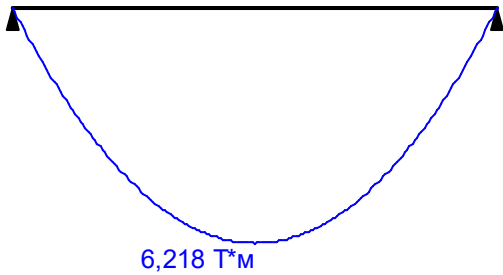
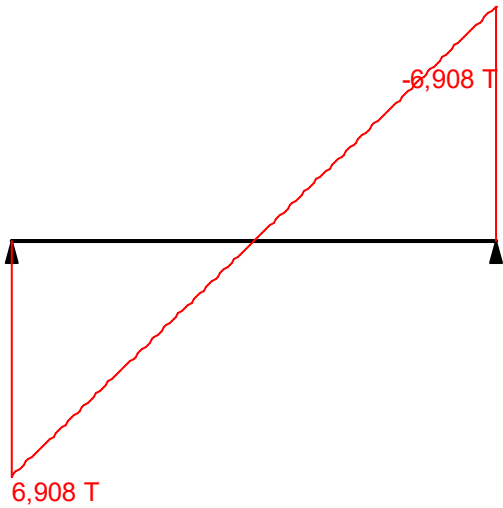
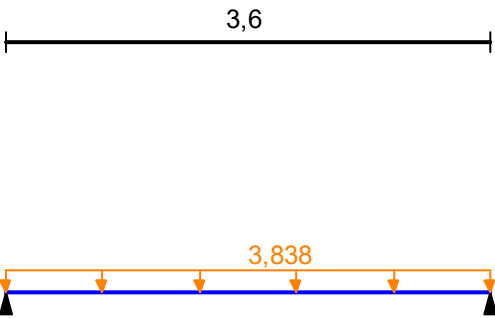
	Тип нагрузки	Величина	Коэффициент включения собственного веса
	длина = 3,6 м		
		3,838	T/м

Инв № подл.	Взамен инв. №
Подпись и дата	

						16-10/2024-КЖ.РПЗ
Изм	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	



Загружение 2 - постоянное  
Коэффициент надежности по нагрузке: 1,1  
Пояс, к которому приложена нагрузка: верхний



Загружение 3 - временное кратковременное

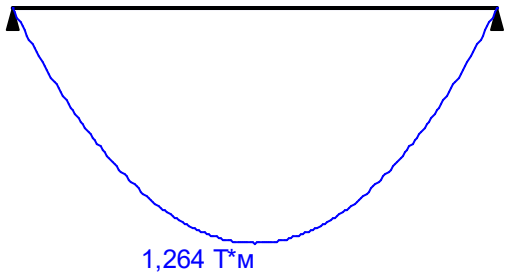
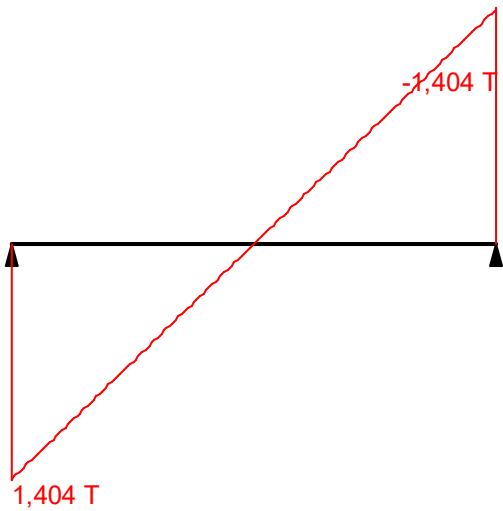
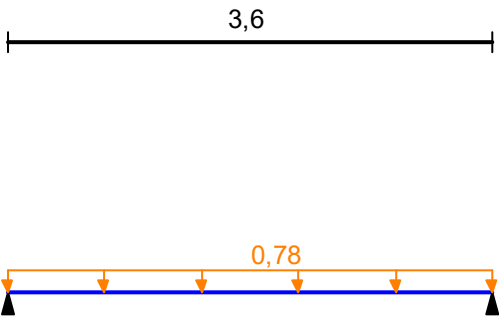
	Тип нагрузки	Величина	Коэффициент включения собственного веса
	длина = 3,6 м		
		0,78	T/м

Инв № подл.	Взамен инв. №
Подпись и дата	


						16-10/2024-КЖ.РПЗ
Изм	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	



Загружение 3 - временное кратковременное  
Коэффициент надежности по нагрузке: 1,1  
Пояс, к которому приложена нагрузка: верхний



Загружение 4 - временное длительно действующее

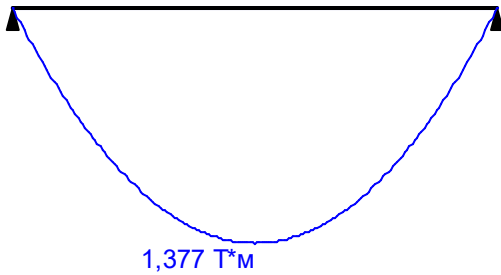
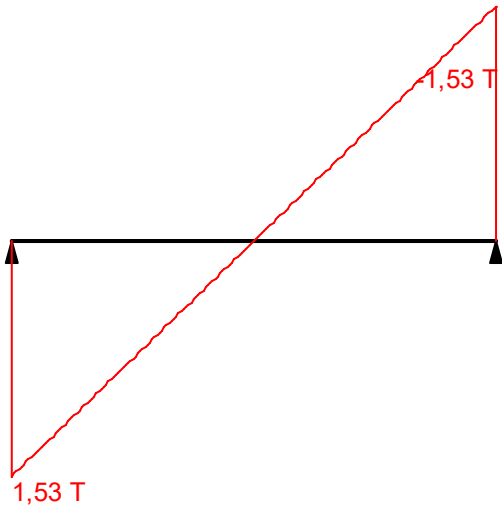
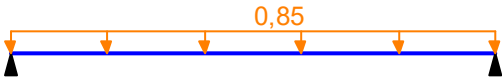
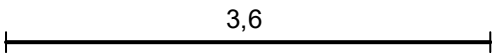
	Тип нагрузки	Величина	Коэффициент включения собственного веса
	длина = 3,6 м		
		0,85	T/м

Инв № подл.	Взамен инв. №
Подпись и дата	

						16-10/2024-КЖ.РПЗ
Изм	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	



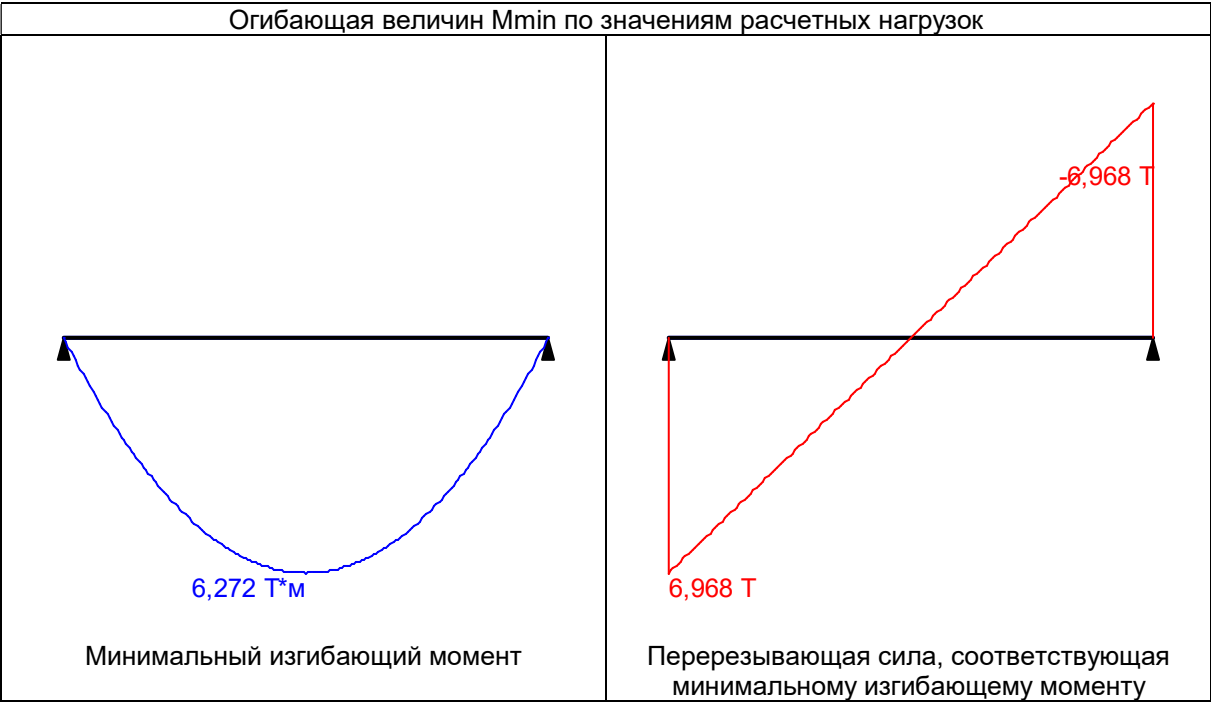
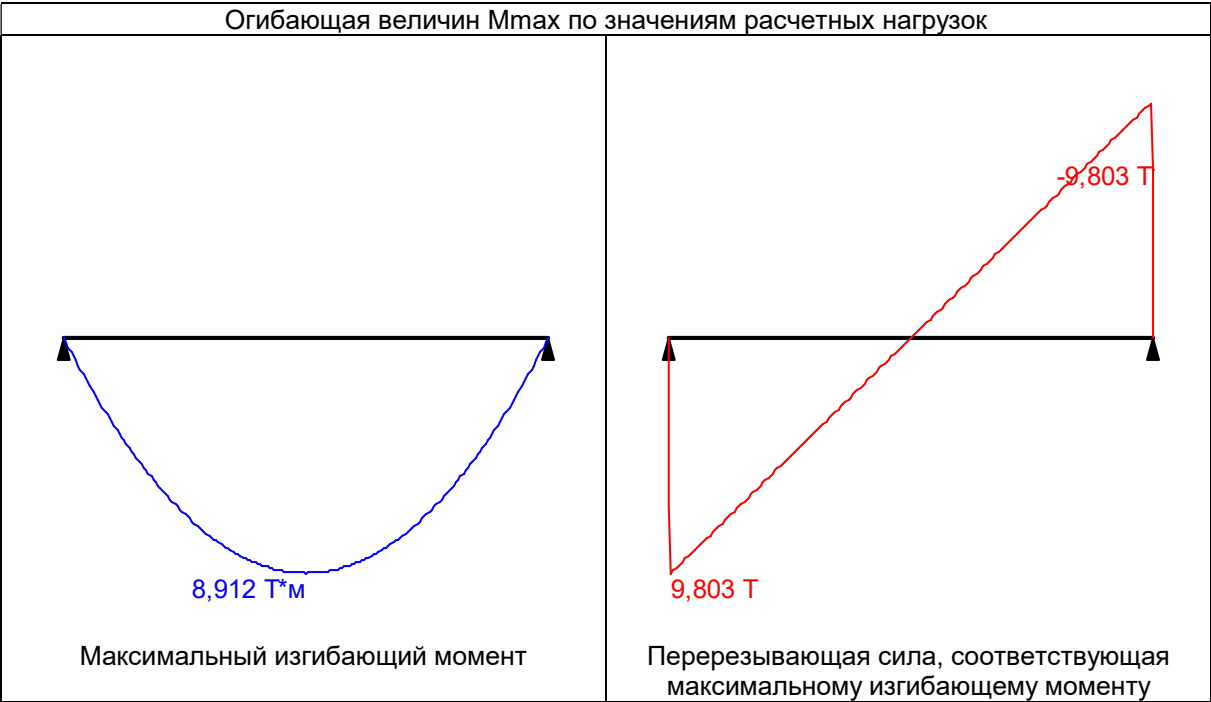
Загружение 4 - временное длительно действующее  
Коэффициент надежности по нагрузке: 1,2  
Пояс, к которому приложена нагрузка: верхний



Инв № подл.	Взамен инв. №
Подпись и дата	
Изм	Кол.уч.
Лист	№ док.
Подп.	Дата

						16-10/2024-КЖ.РПЗ
Изм	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	



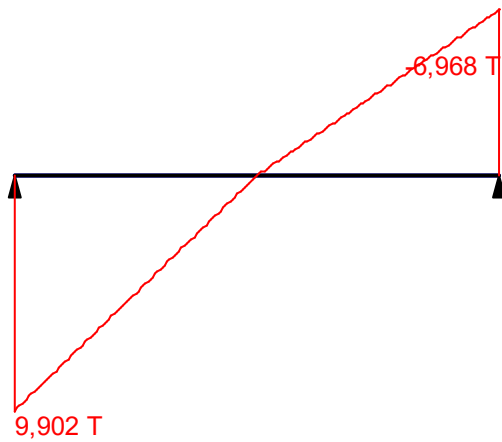


Инв № подл.	Подпись и дата	Взамен инв. №

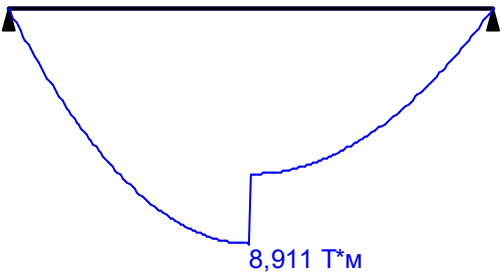
Изм	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	16-10/2024-КЖ.РПЗ	Лист
							20



Огибающая величин Qmax по значениям расчетных нагрузок

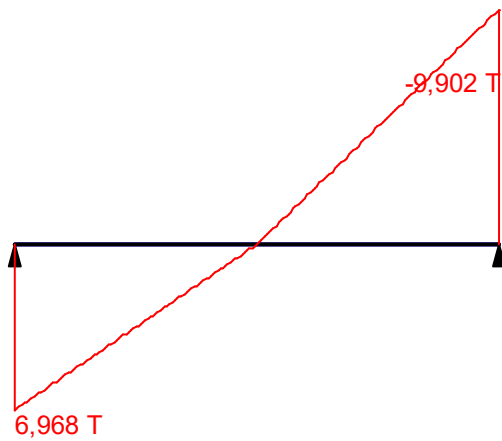


Максимальная перерезывающая сила

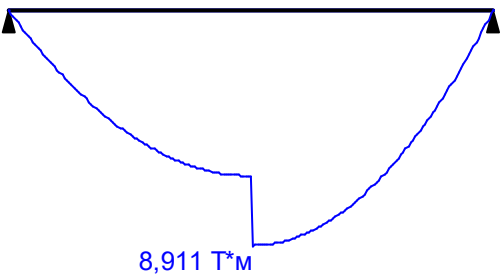


Изгибающий момент, соответствующий максимальной перерезывающей силе

Огибающая величин Qmin по значениям расчетных нагрузок



Минимальная перерезывающая сила

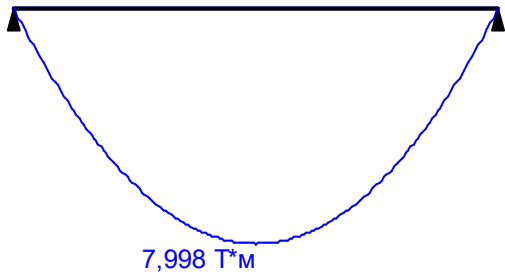


Изгибающий момент, соответствующий минимальной перерезывающей силе

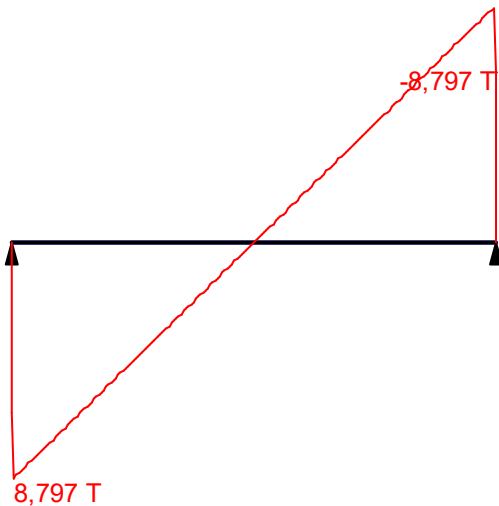
Инв № подл.	Подпись и дата	Взамен инв. №																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								



Огибающая величин Mmax по значениям нормативных нагрузок

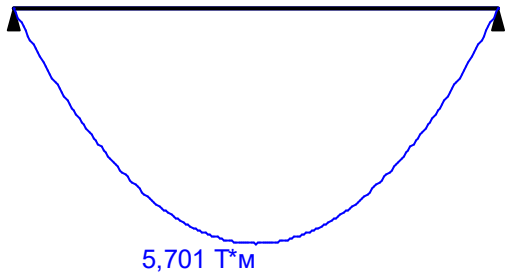


Максимальный изгибающий момент

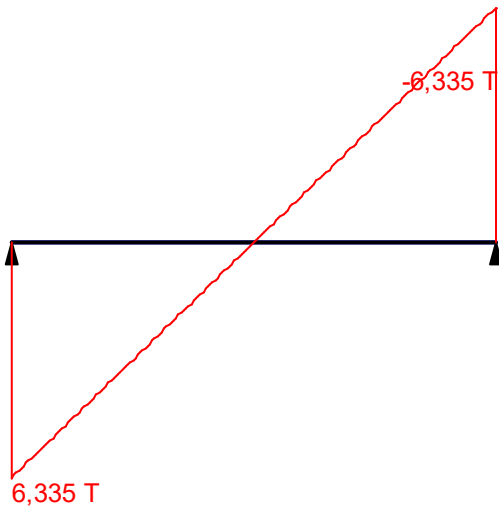


Перерезывающая сила, соответствующая максимальному изгибающему моменту

Огибающая величин Mmin по значениям нормативных нагрузок



Минимальный изгибающий момент



Перерезывающая сила, соответствующая минимальному изгибающему моменту

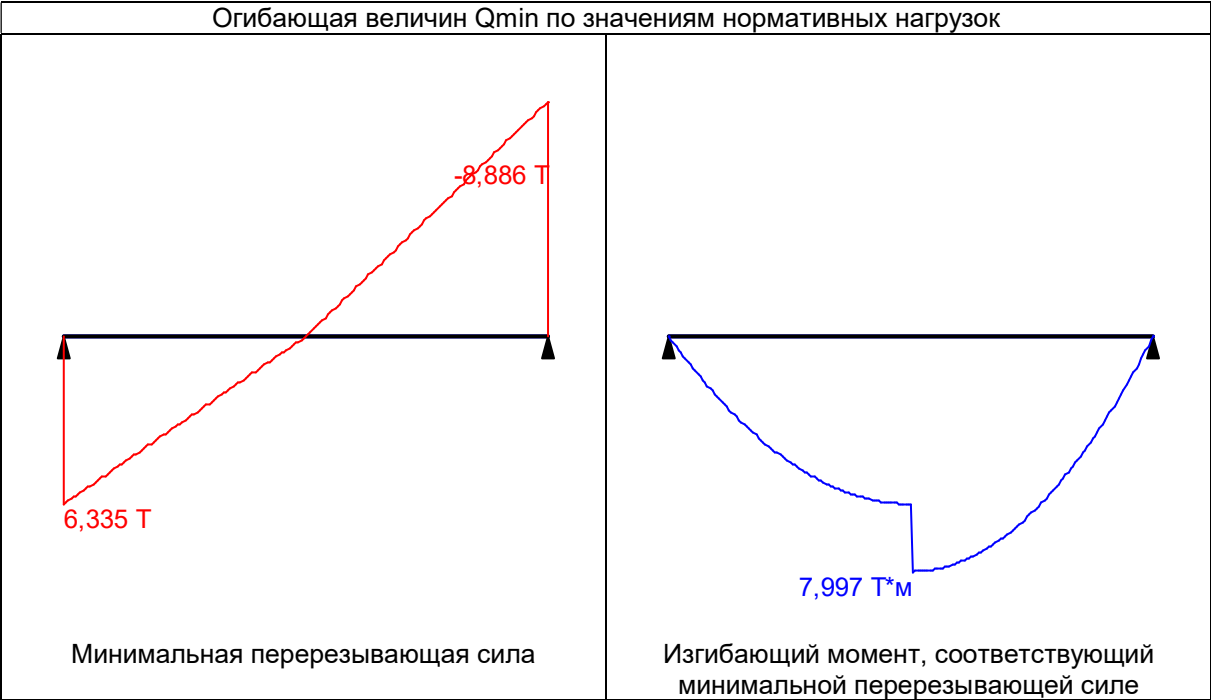
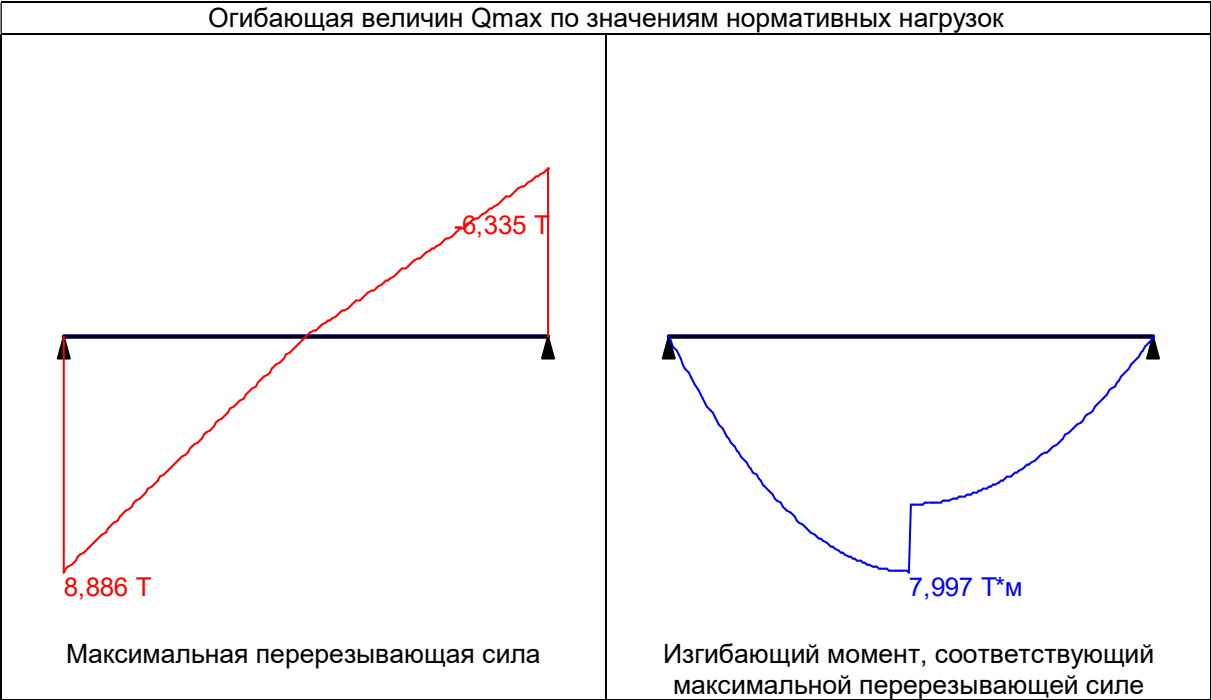
Инв № подл.	Подпись и дата	Взамен инв. №

Изм	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

16-10/2024-КЖ.РПЗ
-------------------

Лист
22





	Опорные реакции	
	Сила в опоре 1	Сила в опоре 2
	Т	Т
по критерию $M_{\max}$	6,968	6,968
по критерию $M_{\min}$	6,968	6,968
по критерию $Q_{\max}$	9,902	6,968
по критерию $Q_{\min}$	6,968	9,902

Результаты расчета		
Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п. 8.2.1	Прочность при действии поперечной силы	0,408
п. 8.2.1	Прочность при действии изгибающего момента	0,937

Взамен инв. №	
Подпись и дата	
Инв № подл.	

Изм	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	16-10/2024-КЖ.РПЗ	Лист
							23



Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п. 8.4.1	Устойчивость плоской формы изгиба при действии момента	0,937
п. 8.2.1	Прочность по приведенным напряжениям при одновременном действии изгибающего момента и поперечной силы	0,69
пп. 7.3.2, 7.3.11, 8.5.1-8.5.8, 9.4.2, 9.4.3, 9.4.9	Предельная гибкость стенки из условия местной устойчивости	0,381
пп. 7.3.8, 7.3.11, 8.5.18, 9.4.7, 9.4.9	Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости	0,49

Коэффициент использования 0,937 - Прочность при действии изгибающего момента

Вывод: несущая способность балок перекрытия обеспечена.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взамен инв. №								
									Лист	
									24	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата					

16-10/2024-КЖ.РПЗ