

Заказчик – ООО «ЧЕТЫРНАДЦАТЫЙ ВЕТРОПАРК ФРВ»

«Ивановская ВЭС».

«Ветровая электрическая станция,
внутриплощадочные автомобильные дороги».

Этап 3. «Ивановская ВЭС»: ВЭУ №№ 1-11 (код ГТП генерации GVIE0650)
мощностью 50,05 МВт.

Раздел 4 «Здания, строения и сооружения, входящие в инфраструктуру
линейного объекта»

Подраздел 2 «Конструктивные и объёмно-планировочные решения»

Проектная документация

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Расчет фундаментов ВЭУ №№1-11

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

Заказчик – ООО «ЧЕТЫРНАДЦАТЫЙ ВЕТРОПАРК ФРВ»

«Ивановская ВЭС».

«Ветровая электрическая станция,
внутриплощадочные автомобильные дороги».

Этап 3. «Ивановская ВЭС»: ВЭУ №№ 1-11 (код ГТП генерации GVIE0650)
мощностью 50,05 МВт.

Раздел 4 «Здания, строения и сооружения, входящие в инфраструктуру
линейного объекта»

Подраздел 2 «Конструктивные и объёмно-планировочные решения»

Проектная документация

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Расчет фундаментов ВЭУ №№1-11

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

Технический директор

Главный инженер проекта



Лушников А.А.

Бондарчук А.Н.

Взам инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	<div> <div>4.2.2.1. По прочности и трещиностойкости..... 42</div> <div>4.2.2.2. Расчет сваи по выносливости..... 44</div> <div>4.2.3. Расчет ростверка 46</div> <div>4.2.3.1. По прочности и трещиностойкости..... 46</div> <div>4.2.3.2. Расчет ростверка по выносливости..... 57</div> <div>4.2.3.3. Расчет на продавливание 62</div> <div>4.2.4. Расчет жесткости фундаментов..... 65</div> <div>5. Заключение 70</div> </div>					
			<div> <div> <div>Изм.</div> <div>Кол.уч</div> <div>Лист</div> <div>№ док.</div> <div>Подп.</div> <div>Дата</div> </div> <div> <div>ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1</div> <div>Лист</div> <div>3</div> </div> </div>					

1. Введение

По техническому заданию на проектирование предусматривается строительство ветровой электрической станции установленной мощностью 50,05 МВт на территории Красноармейского муниципального района Самарской области.

Проект ветровой электрической станции реализуется с выделением 3х этапов работ. В данном томе даны решения по третьему этапу.

В соответствии с Техническим заданием ВЭС имеет II (нормальный) уровень ответственности.

Настоящий отчет разработан на основании отчетов по результатам инженерно-геологических (ВЭС000107.356.3-ИГИ), инженерно-экологических (ВЭС000107.356.3-ИЭИ) и инженерно-гидрометеорологических изысканий (ВЭС000107.356.3-ИГМИ), выполненных ООО «ЕРСМ Сибири» в 2021 г.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									4	
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1	

2. Общие данные

2.1. Основные характеристики ВЭУ

Заданием на проектирование объекта: «Гражданская ВЭС. Ветровая электрическая станция, внутриплощадочные автомобильные дороги» установленной мощностью 50,05 МВт в Самарской области предусматривается проектирование и строительство ветровой электрической станции установленной мощностью 50,05 МВт на территории Красноармейского муниципального района Самарской области. В данном томе рассматривается расчет ВЭУ №№ 1-11 ветровых энергетических установок (ВЭУ);

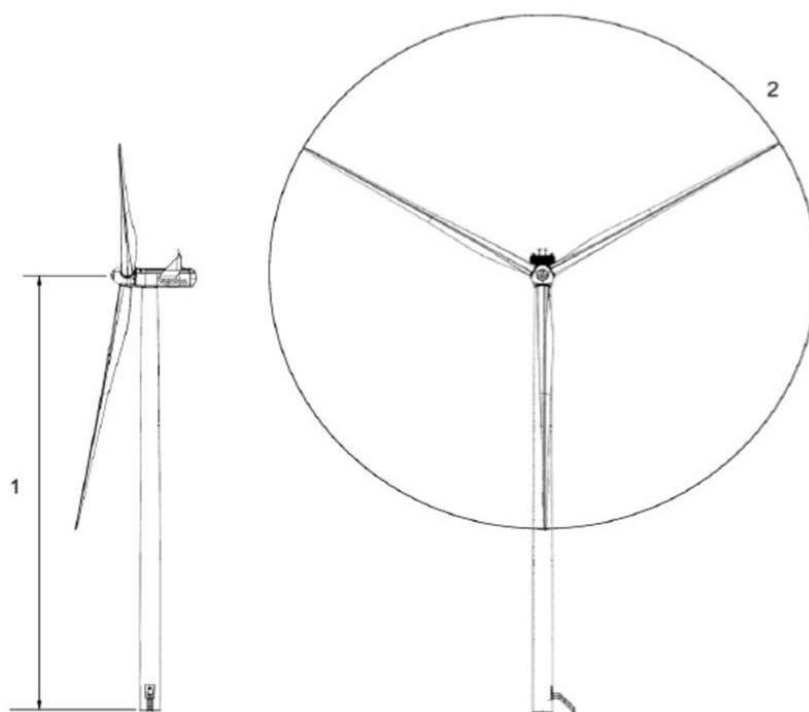


Рис. 4-1. Габариты конструкции

1 Высота ступицы 87 м

2 Диаметр: 126 м

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) модели Vestas V126-4,55 МВт – технологическое оборудование, «башенного» типа. Трубчатая башня из стали высотой 84,6 м, включает подъемник для обслуживания. Высота до оси ротора 87 м. На башне устанавливается ветровая турбина. Все устанавливаемое оборудование сертифицировано. Фундамент ВЭУ – плитно-свайный, размер в плане составляет 18 м, свайное основание выполнено с применением

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛ02-РР1

Лист

5

буронабивных железобетонных свай диаметром 1200 мм, глубиной заложения пяты свай от 17 до 23 м.

2.2. Характеристика района строительства

В административном отношении район работ находится в Красноармейском районе Самарской области близ сельского поселения Гражданский. Местоположение исследуемого участка работ приведено на рисунке Рисунок 1.

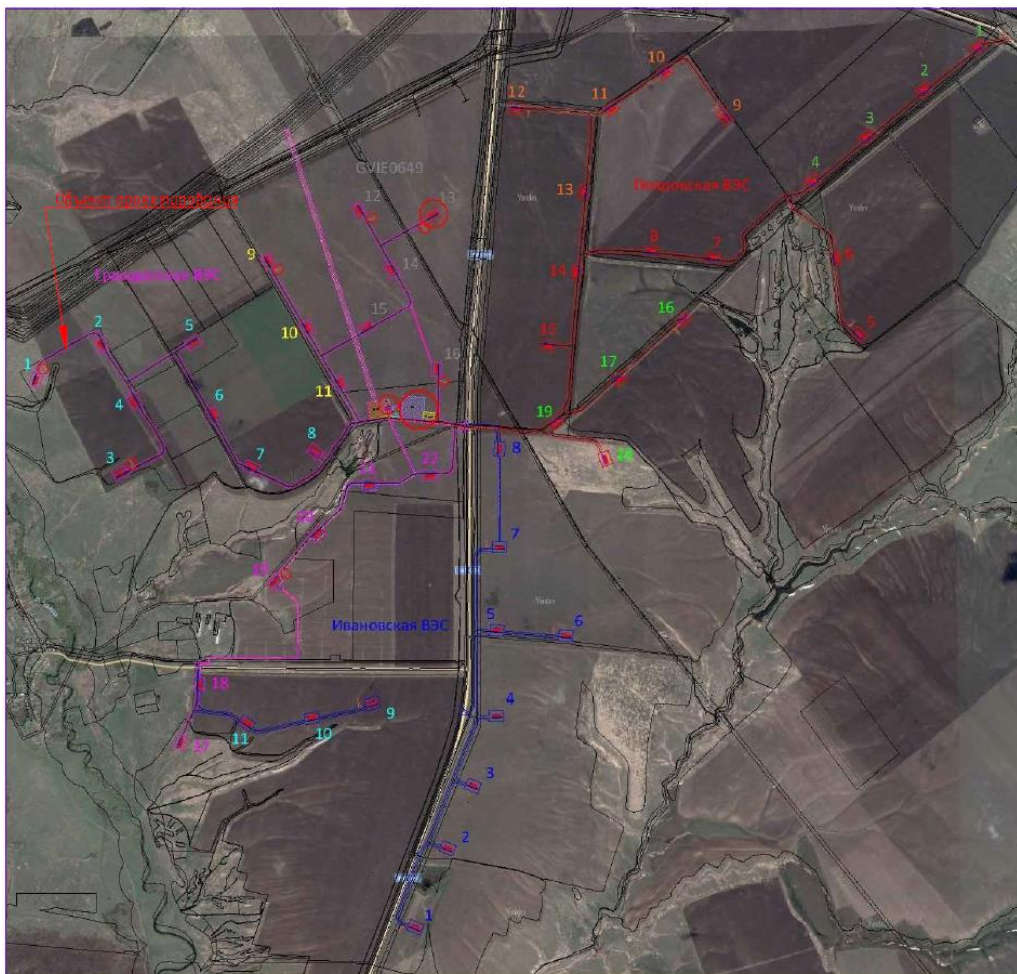


Рисунок 1. Участок проектирования.

Инв. № подл	Подп. и дата	Взам инв. №	<div>Рисунок 1. Участок проектирования.</div>						Лист	
									6	
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1				

Климатические условия

Климат территории умеренный континентальный. Зима холодная, лето жаркое. На рассматриваемой территории выделяются три климатические зоны: достаточного увлажнения (лесная), умеренного увлажнения (лесостепная), недостаточного увлажнения и засушливая (степная и полупустынная). Распределение осадков носит широтный характер. Зимой преобладают ветра южной четверти, летом преимущественно северные, северо-западные, отчасти западные. Средняя годовая температура воздуха равна плюс 4,7° С.

В соответствии с СП 131.13330.2018 рассматриваемая территория относится к климатическому подрайону III В для строительства. Зона сухая.

В соответствии ГОСТ 15150-69 климат района теплый умеренный.

Средняя годовая температура воздуха равна плюс 4,7° С, самого холодного месяца (февраль) минус 12,4° С, самого теплого (июль) плюс 21,2° С. Абсолютный максимум составил плюс 42,5° С (02.08.2010), абсолютный минимум – минус 47,3° С (21.01.1942).

Средняя минимальная температура воздуха наиболее холодного месяца минус 17,2° С; средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца плюс 27,6° С.

В соответствии с п.5.5.3 СП 22.13330.2016 нормативная глубина сезонного промерзания грунтов составит:

суглинки и глина 149 см;

супесь, пески мелкие и пылеватые 182 см;

пески гравелистые, крупные и средней крупности 195 см;

крупнообломочные грунты 221 см.

В течение всего года над изучаемой территорией преобладают ветра юго-западной четверти. Средняя годовая скорость ветра равна 2,7 м/с. Наибольшие значения скорости ветра в годовом распределении наблюдаются в декабре, январе и апреле.

В соответствии с СП 20.13330.2016 участок изысканий расположен в III

Инв. № подл.	<p>В соответствии с СП 20.13330.2016 участок изысканий расположен в III</p>						Лист	
								7
Подп. и дата	<p>В течение всего года над изучаемой территорией преобладают ветра юго-западной четверти. Средняя годовая скорость ветра равна 2,7 м/с.</p> <p>Наибольшие значения скорости ветра в годовом распределении наблюдаются в декабре, январе и апреле.</p>							
Взам. инв. №	<p>супесь, пески мелкие и пылеватые 182 см;</p> <p>пески гравелистые, крупные и средней крупности 195 см;</p> <p>крупнообломочные грунты 221 см.</p>							
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1		

ветровом районе.

В соответствии с СП 20.13330.2016 участок изысканий расположен в III снеговом районе. Нормативное значение веса снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли составляет 1,5 кПа.

В соответствии с СП 20.13330.2016 участок изысканий расположен во II гололёдном районе. Нормативное значение толщины стенки гололёда, превышаемое в среднем один раз в 5 лет, на элементах кругового сечения диаметром 5 мм, расположенных на высоте 10 м над поверхностью земли, составит 10 мм.

Рельеф

Рассматриваемый район расположен на левобережье р. Волги (Заволжье) и представляет собой древнюю долину реки. С востока равнины Заволжья, южнее р. Камы, ограничивает Бугульминско-Белебеевская возвышенность, к югу от реки Большой Кинель – Общий Сырт, разделенный на множество увалов. Массив Бугульминско-Белебеевской возвышенности высотой 200-250 м, расчленен глубокими долинами рек. Общее падение высот Сыртового Заволжья происходит к югу и западу. Наибольшие высоты более 200 м наблюдаются в верховьях рек Малого и Большого Иргизов, Чапаевки и Бузулука. Сырты-увалы, расчлененные речными долинами, имеют асимметричные склоны: южные - крутые и короткие, северные - пологие и широкие.

Территория между долиной р. Волги и склонами Общего Сырта – слабоволнистая равнина (Сыртовая равнина Заволжья) с увалами. Широкие долины рек чередуются с плоскими увалистыми междуречьями, абсолютная высота которых обычно не превышает 160 м; в верховьях р. Чагры достигает 184 м. Центральная часть массива слабо волнистая, окраинная – более увалистая.

Долина реки Волги представляет собой систему террас: 1-я возвышается над поймой на 5 м, сложена песками, со старицами и грядами; 2-я отделяется

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	<p>Территория между долиной р. Волги и склонами Общего Сырта – слабоволнистая равнина (Сыртовая равнина Заволжья) с увалами. Широкие долины рек чередуются с плоскими увалистыми междуречьями, абсолютная высота которых обычно не превышает 160 м; в верховьях р. Чагры достигает 184 м. Центральная часть массива слабо волнистая, окраинная – более увалистая.</p> <p>Долина реки Волги представляет собой систему террас: 1-я возвышается над поймой на 5 м, сложена песками, со старицами и грядами; 2-я отделяется</p>								
			<p>ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1</p>						Лист		
									8		
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата						

уступом 10-20 м, поверхность ровная, шириной на севере до 30 км; 3-я с волнистым рельефом, сложена суглинками и глинистыми песками.

Низменное Заволжье сложено мощным слоем сыртовых глин.

В геоморфологическом отношении участок изысканий расположен у подножья северо-западных склонов Каменного Сырта. Абсолютные отметки колеблются от 98,61м до 141,64.

Гидрологическая характеристика

Гидрографическая сеть района изысканий охватывает бассейны левобережных притоков р. Волги, впадающих в Куйбышевское, Саратовское и Волгоградское водохранилища. Наиболее крупными являются реки Большой Черемшан, Сок, Самара, Чапаевка, Малый Иргиз, Большой Иргиз.

Долины рек достаточно хорошо выраженные, обычно трапецеидальные, с широким пойменным дном. В отрогах Бугульминско-Белебеевской возвышенности долины более глубокие, с изрезанными оврагами склонами. К югу от бассейна р. Самары склоны долин пологие, постепенно сливающиеся с прилегающей местностью; в верховьях рек, берущих начало с отрогов Общего Сырта, долины имеют четкие очертания. Реки в основном характеризуются небольшими уклонами, менее 3‰; в возвышенных районах 5‰-10‰.

Склоны Сыртов и окраинные части Сыртовой равнины изрезаны глубокими и узкими лощинами. При нарушенном дерновом покрове встречаются растущие овраги глубиной до 10-15 м с высокими и обрывистыми склонами. В целом, эрозионный размыв и смыл поверхности протекает слабо, густота овражно-балочной сети не превышает 0,4 км / км².

Озера представлены преимущественно старицами на древних поймах больших рек.

Наиболее благоприятные условия подземного стока в реки отмечаются для бассейнов, расположенных на западных склонах Бугульминско-Белебеевской возвышенности и Общего Сырта, где грунтовые воды

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									9	
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1	

приурочены соответственно к верхнепермским глинисто-карбонатным отложениям казанского яруса и в средне- и верхнеюрских карбонатных отложениях; глубина залегания 10-20 м; коэффициент подземного стока 2-7%.

На территории Сыртовое Заволжье грунтовые воды приурочены к плиоценовым песчано-глинистым отложениям, глубина залегания часто менее 3 м. Первый постоянный водоносный горизонт характеризуется коэффициентом подземного стока менее 1%.

Участок изысканий расположен на правобережье р. Чагра, в верхнем её течении.

Нагрузки

Согласно приложению Е, СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» для участка изысканий принимаются следующие районы:

По расчетному значению веса снегового покрова – III (карта 1)

По давлению ветра – IV (карта 2г).

По толщине стенки гололеда – III (карта 3а).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									10	
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1	

Геологическое строение площадки

Из описанных в геолого-литологическом разрезе слоёв в лаборатории изучались все грунты, залегающие до глубины 40,00 м. На основании анализа результатов статистической обработки показателей физико-механических свойств ГОСТ 20522-2012 и в соответствии с классификацией грунтов по ГОСТ 25100-2011 выделены следующие ИГЭ:

в пределах слоя-П – ИГЭ не выделялся;

в пределах слоя-1 выделен ИГЭ - 1 – суглинок тяжелый пылеватый твердой консистенции просадочный, незасоленный, ненабухающий; $\rho = 1,80$ г/см³, $E_{\text{прид.}} = 23,5$ МПа, $E_{\text{вод.}} = 13,0$ МПа, $\varphi = 24^\circ$, $C = 13$ кПа;

в пределах слоя-3 выделен ИГЭ - 3 – суглинок тяжелый пылеватый полутвердой консистенции непросадочный, незасоленный ненабухающий; $\rho = 1,95$ г/см³, $E = 24,5$ МПа, $\varphi = 21^\circ$, $C = 21$ кПа;

в пределах слоя-3а выделен ИГЭ – 3а – суглинок легкий пылеватый полутвердой консистенции непросадочный, незасоленный ненабухающий; $\rho = 2,02$ г/см³, $E = 24,3$ МПа, $\varphi = 23^\circ$, $C = 19$ кПа;

в пределах слоя-5 выделен ИГЭ-5 - глина легкая пылеватая твердой консистенции непросадочная, незасоленная, ненабухающая; $\rho = 1,95$ г/см³,

$E = 25,6$ МПа, $\varphi = 19^\circ$, $C = 53$ кПа;

в пределах слоя-6 выделен ИГЭ-6 – песок мелкий средней плотности однородный малой степени водонасыщения; $e = 0,60$,

$E = 30,8$ МПа, $\varphi = 34,2^\circ$;

в пределах слоя-7 выделен ИГЭ – 7 – суглинок легкий песчанистый твердой консистенции непросадочный, незасоленный ненабухающий; $\rho = 1,92$ г/см³, $E = 21,5$ МПа, $\varphi = 24^\circ$, $C = 28$ кПа.

В пределах слоев 2,4,6а инженерно-геологические элементы не выделялись в связи с небольшой мощностью и локальным редким распространением в пределах площадок изысканий.

Ведомость нормативных и расчетных показателей свойств грунтов приведена в таблице 2.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	<p>в пределах слоя-7 выделен ИГЭ – 7 – суглинок легкий песчанистый твердой консистенции непресадочный, незасоленный ненабухающий; $\rho = 1,92$ г/см³, $E = 21,5$ МПа, $\phi = 24$ 0, $C = 28$ кПа.</p> <p>В пределах слоев 2,4,6а инженерно-геологический элементы не выделялись в связи с небольшой мощностью и локальным редким распространением в пределах площадок изысканий.</p> <p>Ведомость нормативных и расчетных показателей свойств грунтов приведена в таблице 2.</p>						
			<p>ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1</p>						Лист
									11
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата				

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Таблица 1. Нормативные и расчетные характеристики грунтов

Номер ИГЭ, характеристика грунтов по ГОСТ 25100-2011	Влажность, %	Плотность грунта ρ , т/см ³	Плотность грунта в сухом состоянии ρ_d , т/см ³	Плотность частиц грунта ρ_{sT} , т/см ³	Пористость n , %	Коэффициент пористости e , д.ед.	Степень влажности S_r , д.ед.	Пластичность			Консистенция		$U_{гол}$ внутреннего трения, ϕ , градус	$U_{дальное}$ сцепление C , МПа	Модуль деформации E , МПа	
								Предел текучести W_L , %	Предел пластич. W_p , %	Числопластич. J_p , %	При природной влажности I_L	При водонасыщ. I_L			при природной влажности	при водонасыщении
ИГЭ - 1 - Суглинок тяжелый пылеватый твердой консистенции просадочный незасоленный ненабухающий	Кол.опред.	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	27	27	169	169
	Норм.знач	18.9	1.80	1.51	2.70	43.91	0.787	0.652	33.7	19.6	14.1	0.68	24	0.013	23.5	13.0
	Ср.кв.откл.	2.76	0.08			2.66			2.28	1.13			5.39	0.003	4.37	2.09
	Коэф.вар.	0.15	0.04			0.06			0.07	0.06			0.22	0.23	0.19	0.16
	min	12.8	1.62	1.34	2.69	38.31	0.621	0.416	29.0	16.9	12.0	-0.45	19	0.010	14.9	7.1
	max	25.2	1.91	1.66	2.71	50.46	1.018	0.814	38.7	22.2	16.8	0.24	42	0.027	37.0	20.2
	alpha=0,85	18.7	1.79										23	0.012	22.9	12.6
	alpha=0,95	18.6	1.79										22	0.012	22.7	12.6
	Кол.опред.	420	420	420	420	420	420	420	420	420	416	416	77	77		123
	Норм.знач	21.7	1.95	1.60	2.70	40.72	0.689	0.851	36.2	21.7	14.5	0.00	21	0.021		24.5
ИГЭ - 3 - Суглинок тяжелый пылеватый полутвердой консистенции непросадочный незасоленный ненабухающий	Ср.кв.откл.	2.21	0.05			2.18			2.18	1.43			3.18	0.004		5.74
	Коэф.вар.	0.10	0.03			0.05			0.06	0.07			0.15	0.19		0.24
	min	10.3	1.80	1.42	2.69	30.91	0.447	0.619	30.0	18.0	12.0	-0.64	12	0.010		13.0
	max	28.2	2.06	1.86	2.71	47.34	0.899	1.080	40.5	25.3	17.0	0.25	39	0.037		37.1
	alpha=0,85	21.6	1.95										21	0.021		23.9
	alpha=0,95	21.5	1.95										20	0.020		23.6
	Кол.опред.	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	61	61		82
	Норм.знач	21.9	1.95	1.60	2.72	41.08	0.699	0.851	41.8	23.3	18.6	-0.07	19	0.053		25.6
	Ср.кв.откл.	2.01	0.05			2.04			2.78	1.47			2.90	0.009		5.15
	Коэф.вар.	0.09	0.03			0.05			0.07	0.06			0.15	0.17		0.20
ИГЭ - 5 - Глина легкая пылеватая твердой консистенции непросадочная незасоленный ненабухающая	min	15.4	1.86	1.47	2.71	33.97	0.514	0.617	37.3	20.2	16.0	-0.39	16	0.019		14.1
	max	28.2	2.09	1.79	2.74	46.06	0.854	0.994	55.7	30.1	25.6	0.21	39	0.070		34.2
	alpha=0,85	21.8	1.95										19	0.052		25.1
	alpha=0,95	21.7	1.94										18	0.051		24.7

Грунтовые воды ненапорные. Водовмещающими породами являются грунты ИГЭ 3,5,6а. Региональный водоупор не вскрыт.

Сезонное колебание уровня подземных вод по региональным данным составляет 1,00-1,50 м. Общего подъема уровня грунтовых вод не ожидается.

Грунтовые воды не содержат агрессивной углекислоты. Неагрессивны по содержанию едких щелочей ($\text{Na}^{++}\text{K}^{+}$ - 235 мг/л) и магниезиальных солей (Mg 669 мг/л), по водородному показателю (pH 6,8) и бикарбонатной щелочи (HCO_3^- 1,23мг-экв/л). По содержанию хлоридов (CL^- 1584мг/л) к арматуре железобетонных конструкций неагрессивны при постоянном погружении и среднеагрессивны периодическом смачивании. Грунтовые воды сильноагрессивны по содержанию сульфатов к маркам W4, W6, W8, неагрессивны к марке W10-W14 и W16-W20 бетонов на портландцементе по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108. Слабоагрессивны по содержанию сульфатов к маркам W4, неагрессивны к марке W6, W8, W10-W14, W16-W20 бетонов на портландцементе по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108 с содержанием в клинкере C^3S не более 65%, C^3A - не более 7%, $\text{C}^3\text{A}+\text{C}^4\text{AF}$ - не более 22% и шлакопортландцементу. К остальным цементам и маркам неагрессивны.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									16	
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1	

2.3. Материалы

Таблица 3 - Материалы фундамента

Обозначение характеристики	Значение	Примечание
Бетон В35		
E_b	34500 МПа	модуль упругости
R_b	19,5 МПа	сжатие осевое (призменная прочность)
R_{bt}	1,30 МПа	растяжение осевое (расчетное)
R_{bn}	25,5 МПа	сжатие осевое (призменная прочность)
$R_{bt,ser}$	1,95 МПа	растяжение осевое (нормативное)
Бетон В40		
E_b	36000 МПа	модуль упругости
R_b	22,0 МПа	сжатие осевое (призменная прочность)
R_{bt}	1,4 МПа	растяжение осевое (расчетное)
R_{bn}	29,0 МПа	сжатие осевое (призменная прочность)
$R_{bt,ser}$	2,1 МПа	растяжение осевое (нормативное)
Арматура класса А240		
E_r	200000 МПа	модуль упругости
$R_{s,n}$	240 МПа	нормативное значение сопротивления
R_s	210 МПа	расчетное значение сопротивления
$R_{s,x}$	170 МПа	расчетное значение сопротивления хомутов и отогнутых стержней
Арматура класса А500С		
E_r	200000 МПа	модуль упругости
$R_{s,n}$	500 МПа	нормативное значение сопротивления
R_s	435 МПа	расчетное значение сопротивления
$R_{s,x}$	300 МПа	расчетное значение сопротивления хомутов и отогнутых стержней

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

17

3. Нагрузки

3.1 Постоянные

1. Собственный вес ВЭУ – учитывается в нагрузках, выданных поставщиком ВЭУ (см. Приложение 1).

2. Собственный вес грунта на уступах фундамента.

$$q_{гр} = \gamma_{гр} \cdot h$$

$$\gamma_{гр} = 1,6 \cdot \frac{T}{M^3} - \text{удельный вес грунта}$$

h – высота грунта засыпки.

3.2 Эксплуатация ВЭУ

Нормативные нагрузки в уровне обреза фундамента приняты согласно исходных данных выданных поставщиком оборудования Vestas (Приложение 1).

Расчетные значения нагрузок получены:

$$F_d = \gamma_f \cdot F_k$$

Где:

F_d - расчетное значение нагрузки;

γ_f - коэффициент безопасности принимается согласно Приложения 1;

F_k - нормативное значение нагрузки.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									18	
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1	

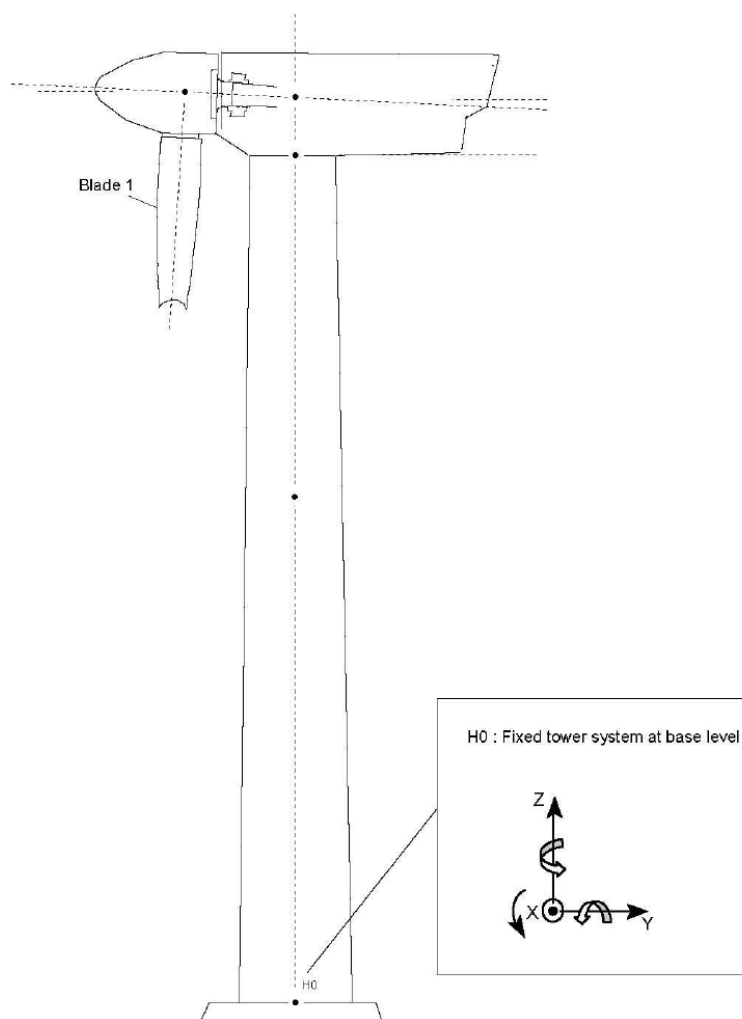


Рисунок 1 – Система координат

3.3 Для расчета на выносливость

Нагрузки приняты согласно Приложения 1 «Нагрузки на фундамент».

3.4. Коэффициенты надежности

I. Коэффициент надежности к собственному весу грунта:

- при учете нагрузки, как неблагоприятная – 1,15,
- при учете нагрузки, как благоприятная – 0,9.

II. Коэффициенты к нагрузкам приняты согласно ГОСТ Р 54418.1-2012 (МЭК 61400-1:2005), СП 20.13330.2016 и Приложения 1 «Нагрузки на фундамент».

γ_f – коэффициент надежности

III. γ_m - коэффициент безопасности для материала – учитывается действующими нормами РФ.

IV. γ_n - коэффициент безопасности учитывающий последствия отказа.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛ02-РР1

Лист

19

Согласно п. 7.6.1.2 ГОСТ Р 54418.1-2012 фундамент относится к элементам 2-го класса (не предохраняемый элемент конструкции, отказ которого может привести к отказу основных частей ВЭУ). Парциальный коэффициент безопасности учитывающий последствия равен:

- для расчета по прочности и трещиностойкости 1,0;
- для расчета на усталостное разрушение 1,15.

3.5. Сочетания нагрузок

Расчетные сочетания усилий и перемещений от всех видов нагрузок выполняются в программном комплексе SCAD Office см. рисунок 2, 3.

Расчетные сочетания усилий и перемещений

№	Активное загружение	Активное загружение в РСР	Наименование	Тип загрузки	Вид нагрузки	Знакоп еремные	Участвуют в групповых операциях			Коеф. надежност и
							Объедине ния	Взаимоис ключения	Сопутствия	
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	СВ	Постоянные наг	Вес бетонных (п	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,1
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Грунт	Постоянные наг	Грунты насыпны	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,15
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	СВ_мин	Постоянные наг	Вес бетонных (п	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,9
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Грунт_мин	Постоянные наг	Грунты насыпны	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,9
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	206	Кратковременн	Другие	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,35
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	93	Кратковременн	Другие	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,35
7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	307	Кратковременн	Другие	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,1
8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	26	Кратковременн	Другие	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,35
9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	153	Кратковременн	Другие	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,1
10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	121	Кратковременн	Другие	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,1
11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	133	Кратковременн	Другие	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,1
12	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	200	Кратковременн	Другие	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,35
13	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	87	Кратковременн	Другие	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,35

Деактивировать
загружение

Дерево РСУ

Загружения ■ не могут входить в сочетания без загружений ■

Шаг ориентации площадок при анализе пластин 15 град

Удаление РСУ

Отчет

Параметры

Список элементов

Унификация

Группы

Связи загружений

Объединение

Сопутствие

Взаимоисключение

Краны

Типы сооружений (при учете сейсмики)

☒ Гражданские и промышленные

☐ Транспортные

2011

OK Отмена Справка

Рисунок 2 - Расчетные сочетания усилий и перемещений

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Рисунок 3 - Взаимоисключающие загрузки

ветроустановки в верхнем сечении. Пространственная неизменяемость и поперечная жесткость ВЭУ обеспечена собственными техническими параметрами и надежностью закрепления фундамента в грунте. Установка совместно с анкерной корзиной сертифицирована, чем подтверждена ее техническая прочность и надежность. Для разработки фундаментов сопроводительная документация на установку содержит нагрузки, передаваемые на фундамент в различных сочетаниях, на основании которых запроектированы фундаменты.

Пространственная расчетная схема представляет собой пластинчато-стержневую модель фундамента. Сваи замоделированы элементами 5 типа пространственный стержень, ростверк элементами 44 типа 3-х угольными и 4-х угольными КЭ оболочки. Расчетная схема фундамента с указанием назначенных жесткостей представлена на рисунке 5.

Нагрузки от установки прикладываются в точке, находящейся на 200 мм выше поверхности обреза фундамента (в соответствии с заданием поставщика установки) и передаются на жесткую вставку через твердое тело. С помощью применения жесткой вставки моделируется распределение нагрузки от ВЭУ на анкерную корзину, а затем на тело ростверка.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №							Лист	
									24	
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1	

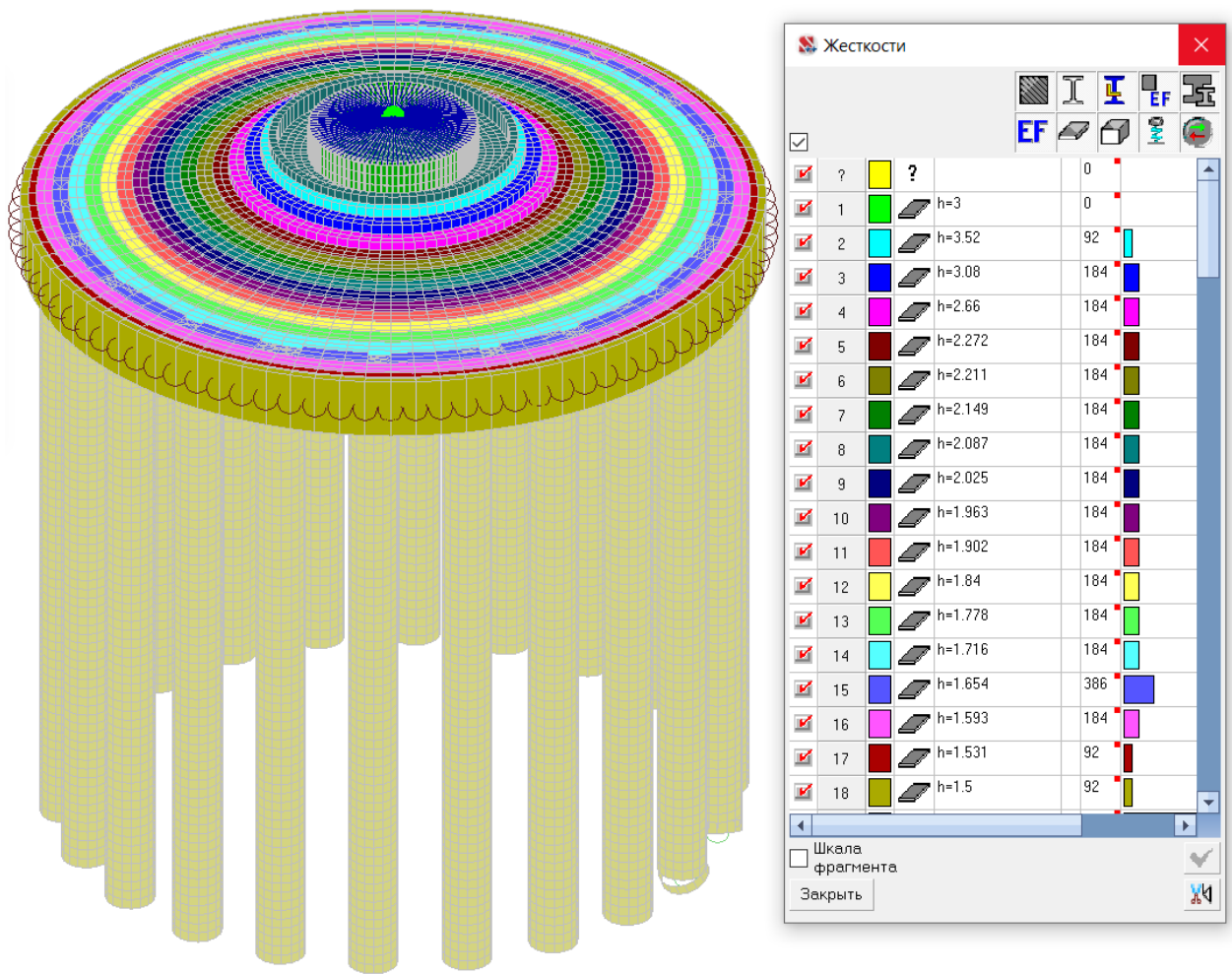


Рисунок 5 - Расчетная схема фундамента с назначенными жесткостями

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

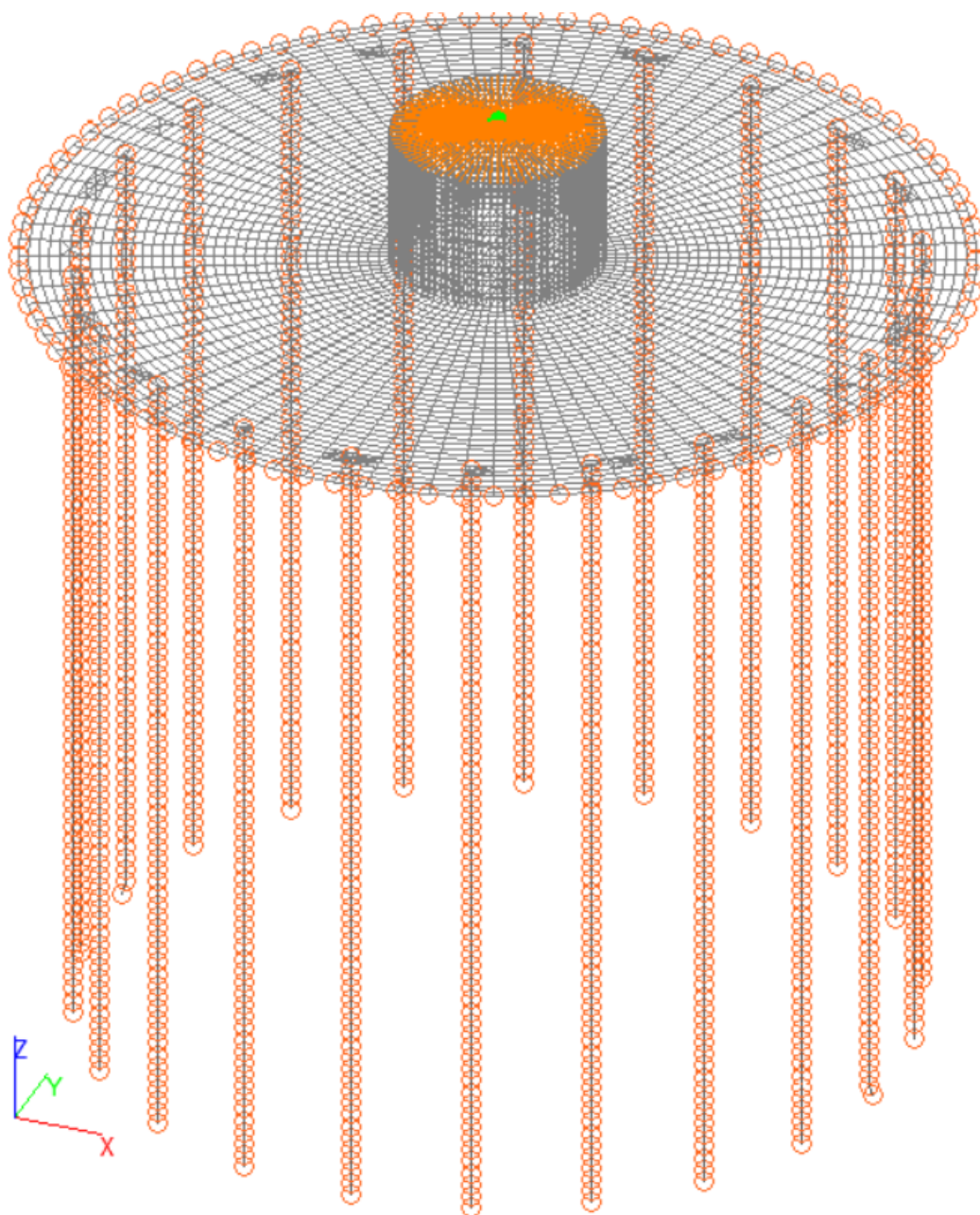


Рисунок 6 - Расчетная схема с использованием связей конечной жесткости

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №						ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛ02-РР1		Лист
										26
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

4.1.2. Принятые размеры сечений

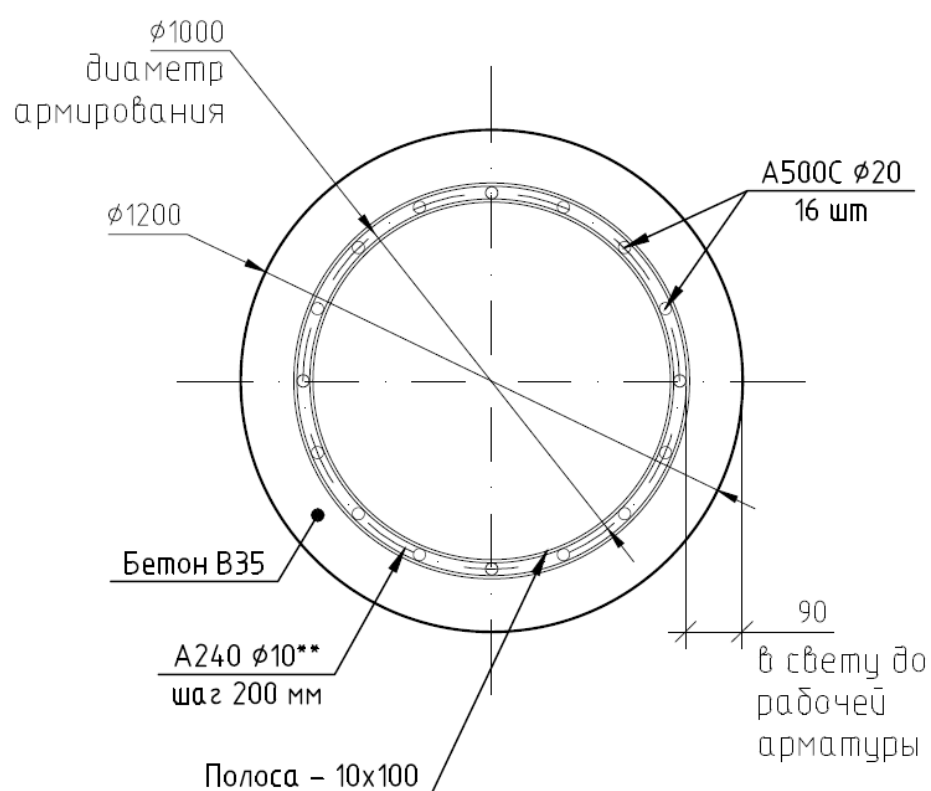
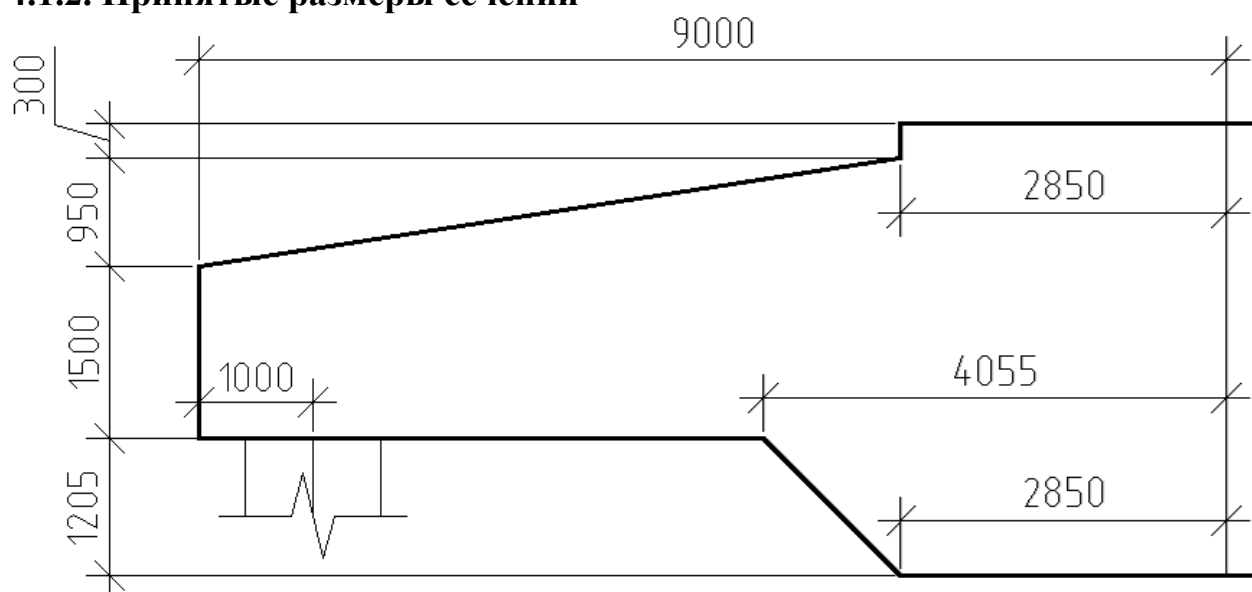


Рисунок 7 – Расчетные сечения жб ростверка и буронабивной сваи

Взам инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

27

4.2. Расчеты конструкций

4.2.1. Расчет фундамента на свайном основании

4.2.1.1. Расчет несущей способности свай

Расчет представлен для фундамента ВЭУ №1. Результаты расчета по несущей способности свай ВЭУ 2-11 сведены в таблицу.

Определение несущей способности свай ВЭУ 1

$d = 1,2$ м - диаметр (сторона) свай

$h = 17,1$ м - глубина заложения нижнего конца свай

$l_{св} = 14,35$ м - длина свай от подошвы ростверка

$A = 1,131$ м² - площадь поперечного сечения свай

$u = 3,77$ м - периметр поперечного сечения свай

$R = 2010$ кПа - Расчетное сопротивление грунта под нижним концом буровой свай (п 7.2.7 СП 24.13330.2011)

Описание слоёв грунта:

Общее количество слоёв грунта по геологической скважине, пройденные сваями, их толщины, м, а также показатель текучести от подошвы ростверка:

$h_{сло} =$	$IL =$
1 14,35	1 0

Коэффициент условий работы отдельных пройденных сваями слоёв грунта (по табл. 7.6 СП 24 13330.2011)

$\gamma_{cf} =$
1 0,7

Коэффициент условий работы грунтов основания по боковой поверхности свай (п.6.6.1 табл. 6 СП 26.1330.2012)

$\gamma_{ср.ф} =$
1 1

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

28

Определение несущей способности свай по боковой поверхности

Описание слоев грунта в пределах длины свай с учетом разбивки их толщин на величину не превышающую 2м

Толщины слоёв грунта в пределах длины свай	Расстояния от планировочной поверхности до центров тяжести слоев	Расстояния от планировочной поверхности до подошвы свай
$h_{сл} =$	$h_{цт_сл} =$	$h_{под} =$
2 м	2,65 м	16,9 м
2	4,65	
2	6,65	
2	8,65	
2	10,65	
2	12,65	
2	14,65	
0,35	15,825	
2	17	
2	19	
1,85	20,925	

Показатель текучести слое	Коэффициент условий работы слоев грунта	Коэффициент условий работы слоев грунта (п. 6.6.1 табл. 6 СП 26.13330.2012)
$IL =$	$\gamma_{cf} =$	$\gamma_{ср_f} =$
0	0,7	1

Расчетные сопротивления по боковой поверхности свай (по табл. 7.3 СП 24.13330.2011)

$f_i =$	кПа
65	
65	
65	
65	

$\gamma_{с_сж} = 1$ - коэффициент условий работы свай: в случае опирания ее на глинистые грунты со степенью влажности $Sr < 0,85$ и на лесовые грунты
- $\gamma_c = 0,8$; в остальных случаях - $\gamma_c = 1,0$ (п. 7.2.2 СП 24.13330.2011)

$\gamma_{с_0} = 0,8$ - коэффициент условий работы (табл. 2 СП 26.13330.2012)

$\gamma_{с_выд} = 0,8$ - коэффициент условий работы свай в грунте: для свай погружаемых в грунт на глубину менее 4м, $\gamma_c = 0,6$; на глубину 4м и более $\gamma_c = 0,8$ – для всех сооружений, кроме опор воздушных линий электропередачи, для которых коэффициенты принимают в соответствии с разделом 14 (п.7.2.5 СП 24.13330.2011)

$\gamma_{R.R} = 1$ - коэффициент условий работы грунта под нижним концом свай принимают 1 во всех случаях, за исключением свай с камуфлетными уширениями и буронабивных свай

$\gamma_{с_g} = 1,4$ - для любых сооружений при любом виде ростверка и висячих свай и сваях стойках, воспринимающих выдергивающую нагрузку, коэффициент принимают в зависимости от числа свай в фундаменте. Коэффициент равен 1,4 при количестве свай более 20.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛ02-РР1

Лист

29

$\gamma_{ср_R} = 1$ - коэффициенты условий работы грунтов основания под нижним концом свай (п. 6.6.1 СП 26.13330.2012)

Предельное сопротивление свай на сжимающую нагрузку (ф. 7.8 СП

$$F_{d_{сж}} = \gamma_{с_сж} * \gamma_{с_0} * \left[\gamma_{R.R} * \gamma_{ср_R} * R * A + u * \sum_i (\gamma_{ср_f_i} * \gamma_{плот_{f_i}} * \gamma_{сf_i} * f_i * h_{сл_i}) \right] = 369,3 \quad \text{т}$$

Предельное сопротивление свай на выдергивающую нагрузку (ф. 7.11 и 7.14 СП 24.13330.2011)

$$F_{d_{выд}} = \gamma_{с_выд} * \gamma_{с_0} * u * \sum_i (\gamma_{ср_f_i} * \gamma_{плот_{f_i}} * \gamma_{сf_i} * f_i * h_{сл_i}) = 188,400 \quad \text{т}$$

Определение массы свай:

$$G_{св_сж} = 1,1 * 2,5 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} * A * l_{св} = 43,542 \quad \text{т} \quad - \text{масса при сжатии}$$

$$G_{св_рас} = 0,9 * 2,5 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} * A * l_{св} = 35,625 \quad \text{т} \quad - \text{масса при растяжении}$$

Расчетная нагрузка на сваю при вдавливание

$$N_{сж} = \frac{F_{d_{сж}}}{\gamma_{с.g}} = 263,8 \quad \text{т} \quad - (\text{ф. 7.2 СП 24.13330.2011})$$

Расчетная нагрузка на сваю, увеличенная на значение ее собственного веса (на выдергивание)

$$N_{выд} = \frac{F_{d_{выд}}}{\gamma_{с.g}} + G_{св_рас} = 134,6 \quad \text{т} \quad - (\text{ф. 7.2 СП 24.13330.2011})$$

Для подтверждения несущей способности свай на сжимающую и выдергивающие нагрузки рекомендуется провести статические испытания свай.

Для определения усилий в головах свай для каждого фундамента в программном комплексе SCAD Office выполнена отдельная расчетная схема с заданием грунтовых условий соответствующих рассчитываемому фундаменту. В виду того, что конструкция сооружения идентична и происходит изменение только грунтовых условий, усилия в головах свай приведенные являются максимальными, так как он имеет наихудшие грунтовые условия для работы свай, как по несущей способности, так и по устойчивости основания окружающего сваю.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

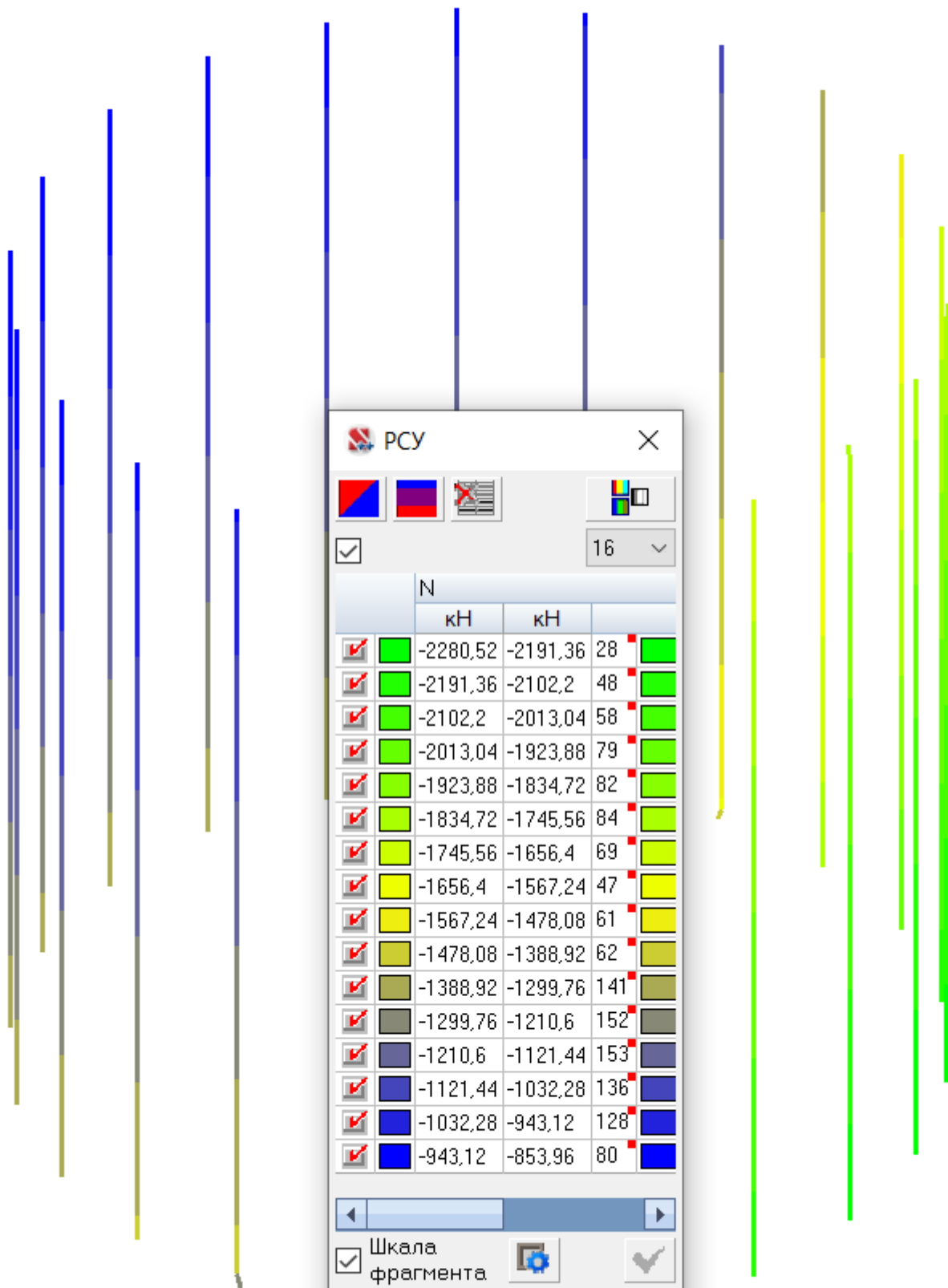
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛ02-РР1

Лист

30

Определение усилий в головах свай выполнено в программном комплексе SCAD Office.



Взам инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Рисунок 8. PCY максимальных продольных усилий в головах свай

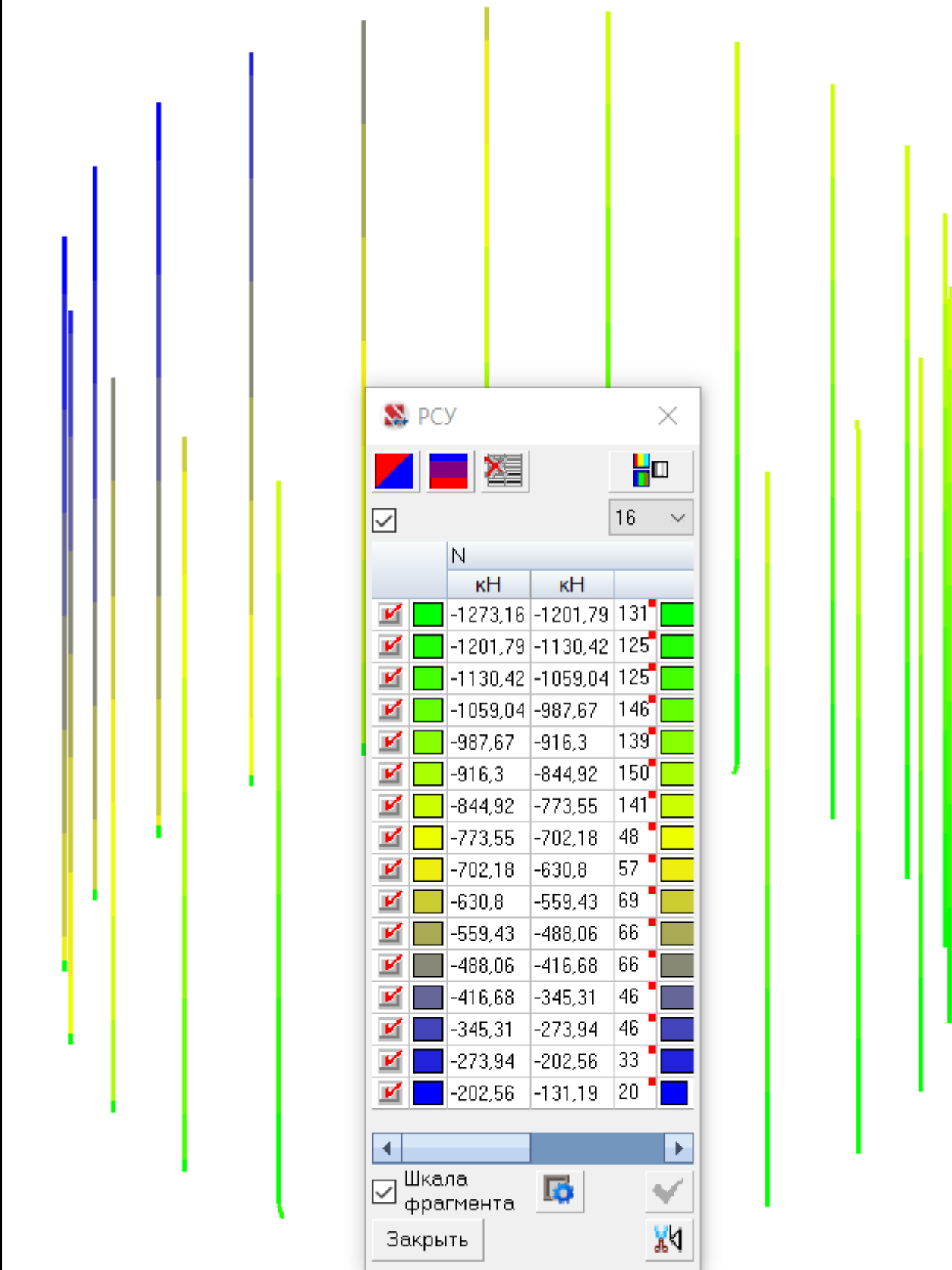


Рисунок 9. PCY минимальных продольных усилий в головах свай
Максимальная вертикальная нагрузка на голову сваи составляет -228,0 т.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Минимальная вертикальная нагрузка на голову сваи составляет -13,1 т.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

						ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1	Лист
							33
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

Таблица 5 - Сводная таблица несущей способности свай по грунту

ВЭУ	Отметка пятты свай, м	Диаметр свай, м	Несущая способность свай по грунту		Расчетные усилия в сваях	
			N _{сжат} ,	N _{выд} ,Т	N _{сжат} ,Т	N _{выд} ,Т
1	17	1,2	263,8	134,6	-228,0	-13,1
2	20	1,2	295,6	153,5	-228,0	-13,1
3	19	1,2	298,5	156,4	-228,0	-13,1
4	17	1,2	285,4	143,3	-228,0	-13,1
5	23	1,2	339,8	188,0	-228,0	-13,1
6	21	1,2	304,5	137,2	-228,0	-13,1
7	22	1,2	311,5	156,5	-228,0	-13,1
8	18	1,2	271,4	136,8	-228,0	-13,1
9	17	1,2	296,8	154,7	-228,0	-13,1
10	17	1,2	296,8	154,6	-228,0	-13,1
11	22	1,2	339,7	184,7	-228,0	-13,1

Несущая способность свай посчитана без учёта их веса, т.к. вес свай учтён в действующих расчетных усилиях.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

34

4.2.1.2. Расчет свай на совместное действие вертикальной, горизонтальной сил и момента

Для данного вида расчета выбрана свая фундамента, имеющие максимальную результирующую поперечную силу и момент.

Усилие	Значение, т
N	-228
M _x	61,2
M _y	-27,7
Q _y	56,4
Q _x	30,9

Ввод расчетных данных для определения усилий в свае

Продольные усилия в сваях в уровне подошвы ростверка:

$$N_{cd} = -228 \quad \text{т}$$

Поперечные усилия в свае в уровне подошвы ростверка

$$Q_x = 30,9 \quad \text{т} \qquad Q_y = 56,4 \quad \text{т}$$

Момент в свае в уровне подошвы ростверка:

$$M_x = 61,2 \quad \text{т} \qquad M_y = -27,7 \quad \text{т}$$

Определение нагрузок на сваю

Уровень ответственности = "Нормальный"

Тип фундамента = "Однорядный"

$$d = 1,2 \quad \text{м} \quad - \text{ диаметр}$$

Глубина, до которой определяется коэффициент пропорциональности:

$$h_m = 3,5 \cdot d + 1,5 \text{ м} = 5,7 \quad \text{м} \quad - (\text{Ф.Д.4, СП 50-102-2003})$$

$$n_{гр} = 1 \quad - \text{ количество слоев грунта на глубине } h_m$$

Понижающий коэффициент (Приложения В, п.В.5 СП 24.13330.2011)

$$\alpha_i = 0,57988$$

Взам инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

35

$K = 6000 \frac{\text{кН}}{\text{м}^4}$ - коэффициент пропорциональности по табл. В.1, СП 24.13330.2011

Класс бетона = В35

$E_b = 34500 \text{ МПа}$ - модуль упругости бетона, (табл.6.11, СП 63.13330.2012)

$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = 10,174 \times 10^6 \text{ см}^4$ - момент инерции поперечного сечения сваи

$b_p = \begin{cases} (d + 1\text{м}) & \text{if } d \geq 0,8 \text{ м} \\ (1,5d + 0,5\text{м}) & \text{if } d < 0,8 \text{ м} \end{cases}$ - условная ширина сваи, м, принимаемая равной: для свай-оболочек, а также свай-столбов и набивных и буровых свай с диаметром стволов от 0,8 м и более $b_p = (d + 1)$ м, а для остальных видов и размеров сечений свай $b_p = (1,5d + 0,5)$ м; п.Д.3, СП 50-102-2003

$b_p = 2,2 \text{ м}$

$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{K \cdot b_p}{E_b \cdot I}} = 0,3274 \frac{1}{\text{м}}$ - коэффициент деформации (ф.Д.8, СП 50-102-2003)

Расчеты свай по предельным состояниям двух групп следует выполнять с использованием значений приведенной глубины погружения свай в грунт

$l = 14,35 \text{ м}$ l и z - действительная глубина погружения сваи (ее нижнего конца) в грунт и действительная глубина расположения сечения сваи в грунте, соответственно отсчитываемые от поверхности грунта при высоком ростверке или от подошвы ростверка при низком ростверке, м;

$l' = l \cdot \alpha_\varepsilon = 4,69795$ приведенная глубина погружения сваи в грунт

$l_0 = 0 \text{ м}$ длина участка сваи, м, равная расстоянию от подошвы ростверка до поверхности грунта под ростверком;

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

36

Опираение свай = опирание свай на дисперсный грунт

$$\left. \begin{aligned} A_0 &= 2,441 \\ B_0 &= 1,621 \\ C_0 &= 1,751 \end{aligned} \right\} \text{ - безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл. Д.2 СП 50-102-2003}$$

$$\varepsilon_{HH} = \frac{1}{\alpha_\varepsilon^3 \cdot E_b \cdot I} \cdot A_0 = 0,198 \times 10^{-4} \cdot \frac{\text{м}}{\text{т}} \quad \text{ - горизонтальное перемещение сечения, от силы } H_0=1 \text{ (ф.Д.14, СП 50-102-2003)}$$

$$\varepsilon_{MH} = \frac{1}{\alpha_\varepsilon^2 \cdot E_b \cdot I} \cdot B_0 = 0,043 \times 10^{-4} \cdot \frac{1}{\text{т}} \quad \text{ - угол поворота сечения, от силы } H_0=1 \text{ (рис.Д.2,а, ф.Д.15 СП 50-102-2003)}$$

$$\varepsilon_{HM} = \varepsilon_{MH} = 0,043 \times 10^{-4} \cdot \frac{1}{\text{т}} \quad \text{ - горизонтальное перемещение сечения, от момента } M_0=1 \text{ (рис.Д.2.6 СП 50-102-2003)}$$

$$\varepsilon_{MM} = \frac{1}{\alpha_\varepsilon \cdot E_b \cdot I} \cdot C_0 = 0,152 \times 10^{-5} \cdot \frac{1}{\text{т} \cdot \text{м}} \quad \text{ - угол поворота сечения, от момента } M_0=1 \text{ (ф.Д.16 СП 50-102-2003)}$$

Поперечная сила в свае в уровне подошвы ростверка

$$Q_B = -\sqrt{(Q_x)^2 + (Q_y)^2} = 64,3100 \text{ т}$$

Расчетный момент заделки M_f , учитывающий при расчете свай, имеющий жесткую заделку в ростверк, обеспечивающий невозможность поворота головы свай

$$M_f = -\sqrt{(M_x)^2 + (M_y)^2} = 67,1769 \text{ т} \cdot \text{м}$$

Определение усилий M, N, Q по длине свай

$$i = 1 \dots \left(\frac{1}{0,1 \cdot m} + 1 \right)$$

$$z_i = \sum_{i=2}^i (0,25 \text{ м})$$

Шаг сечений свай = 0,25 м

$$z'_i = z_i \cdot \alpha_\varepsilon = 0,08185 \quad \text{ - приведенная глубина расположения сечения свай в грунте}$$

$z^{iT} =$	1	2	3	4	5	6	7	8
	0,066	0,033	0,066	0,099	0,132	0,165	0,198	0,231

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛ02-РР1

Лист

37

Начальные параметры поперечной силы и момента:

$H_0 = Q_b = 64,310 \text{ Т}$ - расчетное значение поперечной сил в рассматриваемом сечении

$M_0 = Q_b \cdot l_0 + M_f = 67,177 \text{ Т} \cdot \text{м}$ - расчетное значение изгибающего момента в рассматриваемом сечении сваи (п.Д.5 П50-102-2003)

Начальные перемещения

$\psi_0 = H_0 \cdot \varepsilon_{MH} + M_0 \cdot \varepsilon_{MM} = 0,00038$ - угол поворота сваи (ф.Д.13 СП 50-102-2003)

$u_0 = H_0 \cdot \varepsilon_{HH} + M_0 \cdot \varepsilon_{MH} = 0,00156 \text{ м}$ - горизонтальное перемещение сваи (ф.Д.12 СП 50-102-2003)

Определение расчетного значения горизонтального перемещения сваи в уровне верха сваи и угла её поворота

$u_p = u_0 + \psi_0 \cdot l_0 + \frac{M_0 \cdot l_0^2}{4 \cdot E_b \cdot I} = 0,001564 \text{ м}$ - расчетное значение горизонтального перемещения сваи (ф.Д.10 СП 50-102-2003)

$\psi_p = \psi_0 + \frac{M_0 \cdot l_0}{6 \cdot E_b \cdot I} = 0,00038$ - расчетное значение угла поворота сваи (ф.Д.11 СП 50-102-2003)

Изгибающий момент и поперечная сила по длине сваи:

безразмерные коэффициенты A,B,C,D, принимаемые по табл.Д.3 СП 50-102-2003

Расчетный изгибающий момент, действующий на глубине z в сечении сваи (ф. Д.21 СП 50-102-2003)

$$M_{zi} = \alpha_\varepsilon^2 \cdot E_b \cdot I \cdot u_0 \cdot A_3 - \alpha_\varepsilon \cdot E_b \cdot I \cdot \psi_0 \cdot B_3 + M_0 \cdot c_3 + \frac{H_0}{\alpha_\varepsilon} \cdot D_3$$

Расчетная поперечная сила, действующая на глубине z в сечении сваи

$$Q_{zi} = \alpha_\varepsilon^3 \cdot E_b \cdot I \cdot u_0 \cdot A_4 - \alpha_\varepsilon^2 \cdot E_b \cdot I \cdot \psi_0 \cdot B_4 + \alpha_\varepsilon \cdot M_0 \cdot c_4 + H_0 \cdot D_4$$

Расчетное давление на грунт по контакту с боковой поверхностью сваи, возникающего на глубине z (ф.Д.19 СП 50-102-2003)

$$\sigma_{zi} = \frac{K}{\alpha_\varepsilon} \cdot \left(u_0 \cdot A_1 - \frac{\psi_0}{\alpha_\varepsilon} \cdot B_1 + \frac{M_0}{\alpha_\varepsilon^2 \cdot E_b \cdot I} \cdot C_1 + \frac{H_0}{\alpha_\varepsilon^3 \cdot E_b \cdot I} \cdot D_1 \right)$$

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

38

Момент в свае, кНм Поперечная сила в свае, кН Давление, кН

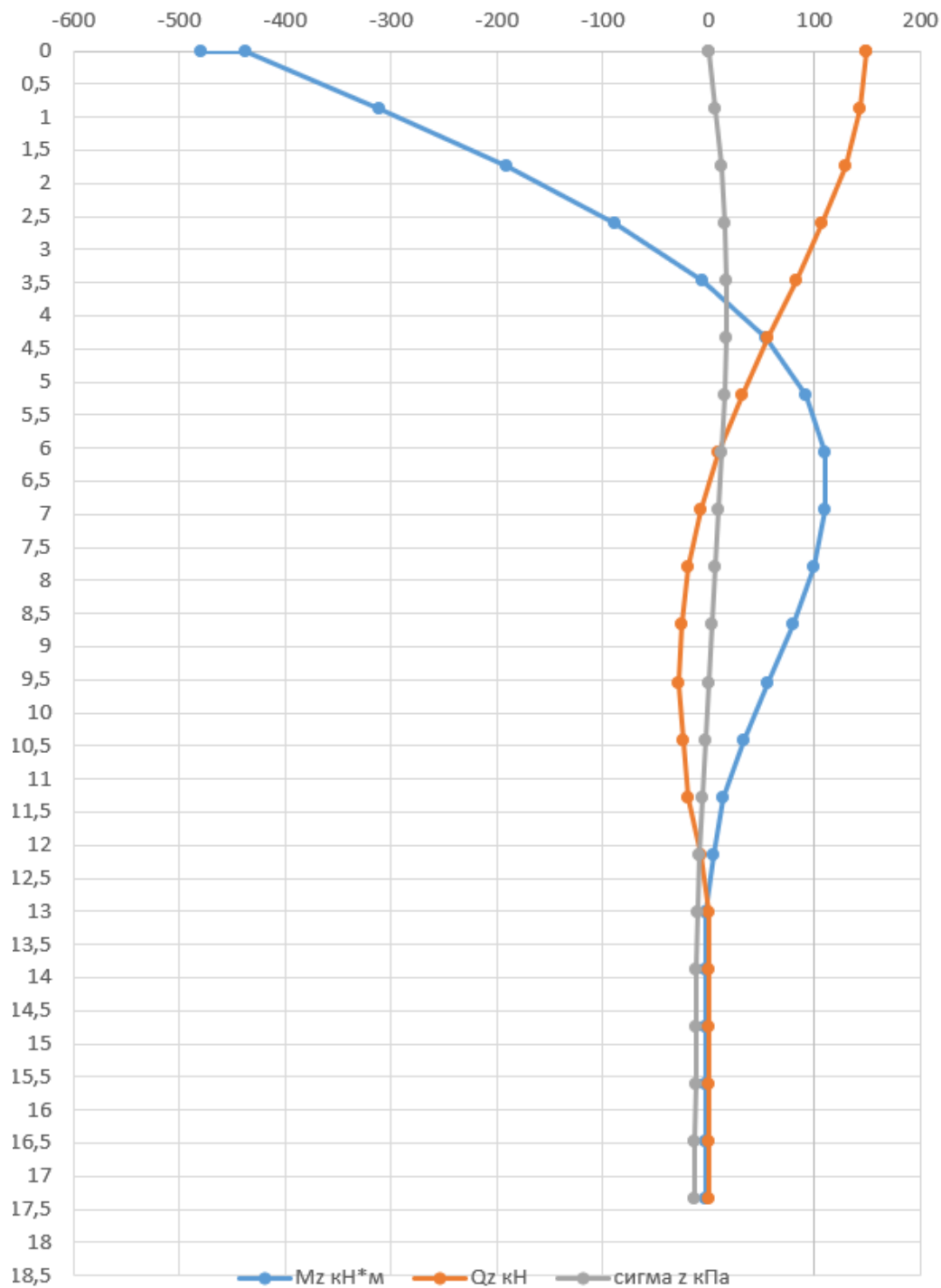


Таблица 6 - Усилия в голове сваи

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

4.2.1.3. Расчет основания, окружающего сваю

Для данного вида расчета выбрана свая фундамента, имеющая максимальную результирующую поперечную силу.

Расчет устойчивости основания, окружающего сваю, должен производиться по условию ограничения расчетного давления z , оказываемого на грунт боковыми поверхностями свай.

$\Pi_1 = 1$ – коэффициент, равный единице, кроме случаев расчета фундаментов распорных сооружений (например, распорных пролетных строений), в которых следует принимать равным 0,7 (п. Д.6, СП 50-102-2003)

$M_t = 0$ – момент от временных расчетных нагрузок в уровне низа свай

$M_c = 1$ – момент от постоянных расчетных нагрузок в уровне низа свай

$n' = 4$ – коэффициент, принимаемый $n' = 2,5$, за исключением случаев расчета:
а) особо ответственных сооружений, для которых $l' \leq 2,5 n$, принимают равным 4 и при $l' > 2,5$ (при промежуточных значениях l' значение n , определяют интерполяцией)
б) фундаментов с однорядным расположением свай, работающих на внецентренно приложенную вертикальную сжимающую нагрузку, для которых следует принимать $n' = 4$ независимо от l' (п.Д.6, СП 50-102-2003)

$\eta_2 = \frac{M_c + M_t}{n \cdot M_c + M_t} = 0,25$ – коэффициент, учитывающий долю постоянной нагрузки в суммарной нагрузке (ф.Д.18, СП 50-102-2003)

$\xi = 0,3$ – коэффициент, принимаемый равным при забивных сваях и сваях-оболочках 0,6, а при всех остальных видах свай 0,3 (п.Д.6, СП 50-102-2003)

Расчетные характеристики грунта по 1-й группе пред. сост.

$$\gamma_1 = 1,95 \cdot \frac{T}{M^3}$$

$$\varphi_1 = 21^\circ$$

$$c_1 = 0,021 \cdot \text{МПа}$$

Глубина от поверхности грунта или подошвы ростверка при низком ростверке, на которой определяется расчетное давление на грунт (п.Д.6, СП 50-102-2003)

$$z_1 = 2,6 \cdot \text{м}$$

$$z_2 = 2,6 \cdot \text{м}$$

Приведенная глубина, на которой определяется расчетное давление на грунт

$$z'_1 = z_1 \cdot \alpha_z = 0,851196$$

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Предельное давление на грунт (ф.Д.17 СП 50-102-2003)

$$\sigma_{1z} = \frac{4 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{\cos(\varphi_1)} \cdot (\gamma_1 \cdot z_1 \cdot \tan(\varphi_1) + \xi \cdot c_1) = 27,59474 \text{ кПа}$$

Расчетное давление на грунт (ф.Д.19 СП 50-102-2003)

$$\sigma_{1z} = K \cdot \frac{Z'_{-1}}{\alpha_{\varepsilon}} \cdot \left[u_0 \cdot A_{1-1} - \frac{\psi_0}{\alpha_{\varepsilon}} \cdot B_{1-1} + \frac{M_0}{(\alpha_{\varepsilon}^2 \cdot E_b \cdot I)} \cdot C_{1-1} + \frac{H_0}{(\alpha_{\varepsilon}^3 \cdot E_b \cdot I)} \cdot D_{1-1} \right] = 10,51507 \text{ кПа}$$

Вывод: расчетное давление сваи на грунт не превышает предельного значения.

4.2.1.5. Расчет осадки свайного фундамента

Расчет осадки выполнен для условного фундамента, согласно требований СП 24.13330.2011 и СП 22.13330.2016 с использованием программного комплекса "СтройЭкспертиза» Программа расчета оснований и фундаментов.

Результаты расчета

Тип расчета:

Расчет осадки свайного куста

1. - Исходные данные:

Тип фундамента:

Круглый

Способ расчета:

Расчет осадки

Исходные данные для расчета:

Размеры куста в осях свай

вдоль X (b) 16 м

Длина сваи (L)	14,35 м
----------------	---------

Диаметр (сторона) сваи	1,2 м
------------------------	-------

Расстояние между сваями	2,2 м
-------------------------	-------

Количество свай	22 шт.
-----------------	--------

От поверхности до низа свай (d)	17,1 м
---------------------------------	--------

Диаметр подошвы условного фундамента (b) 18,5 м

Уровень грунтовых вод (Hv) - М

Характеристики грунтов по слоям

[illegible]



МПа.

Коэффициент асимметрии цикла для арматуры: -0,68.

Минимальные напряжения в бетоне составляют -5,15 МПа.

Максимальные напряжения в бетоне составляют 6,1 МПа.

Коэффициент асимметрии цикла для бетона: -0,84

Условие прочности:

$$\sigma_{s_max} < R_s \cdot \gamma_s \cdot \gamma_{s4}$$

$$\sigma_{b_max} < R_b \cdot \gamma_{b1}$$

$$\gamma_s = 0,36$$

– коэффициент условий работы арматуры (таб. 36)

$$\gamma_{s4} = 1$$

– коэффициент при наличии сварных соединений (при контактной точечной сварке продольной и поперечной арматуры) (таб. 37)

$$\gamma_{b1} = 1$$

– коэффициент условий работы (таб.35)

$$\sigma_{s_max} = 138,97$$

$$R_s \cdot \gamma_s \cdot \gamma_{s4} = 156,6 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{b_min} = 6,1$$

$$R_b \cdot \gamma_{b1} = 22 \text{ МПа}$$

$$K_1 = \frac{\sigma_{s_max}}{R_s \cdot \gamma_s \cdot \gamma_{s4}} = 0,887 \quad \text{– коэффициенты использования прочности арматуры по выносливости}$$

$$K_2 = \frac{\sigma_{b_min}}{R_b \cdot \gamma_{b1}} = 0,277 \quad \text{– коэффициенты использования прочности бетона по выносливости}$$

Вывод: напряжения в арматуре и бетоне сваи не превышают предельные.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

45

4.2.3. Расчет ростверка

4.2.3.1. По прочности и трещиностойкости

Подбор армирования ростверка исходя из требований прочности и трещиностойкости, выполнен средствами программного комплекса SCAD Office. Расположение арматуры – радиальное и кольцевое.

Исходные данные:

Информация о группах армирования

Нормы проектирования: СП 63.13330.2018

Нормы по надежности: ГОСТ Р 54257-2010

Таблица 8 - Исходные данные

	Ростверк центр	Ростверк	Свая
Группа армирования пластин	+	+	-
Группа армирования стержней	-	-	+
Конструктивный элемент армирования стержней	-	-	-
Дополнительная группа			
Ребро плиты	-	-	-
Тип элемента	Оболочка	Оболочка	Сжато-изогнутый (растянутый)
Напряженное состояние	-	-	Косой изгиб
Расстояние до ц.т. арматуры, мм			
a1	1490	30	0,104
a2	410	178	0,104
a3	1490	40	-
a4	510	188	-
Максимальный процент армирования	10	10	10
Учитывать требования норм по минимальному проценту армирования	+	+	-
Статически неопределимая система	-	-	+
Коэффициент надежности по ответственности	1	1	1
Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние)	-	-	-

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛ02-РР1

Лист

46

	Ростверк центр	Ростверк	Свая
Дополнительные коэффициенты условий работы			
- нормальных сечений при сейсмике	0	0	0
- наклонных сечений при сейсмике	0	0	0
- бетона при особых (не сейсмических) воздействиях	1	1	1
- арматуры при особых (несейсмических) воздействиях	1,1	1,1	1,1
- коэффициент понижающий расчетное сопротивление	1	1	1
Коэффициенты расчетной длины			
- в плоскости $X_1 OZ_1$	-	-	-
- в плоскости $Y_1 OZ_1$	-	-	-
Расчетная длина, м			
- в плоскости $X_1 OZ_1$	-	-	3
- в плоскости $X_1 OY_1$	-	-	3
Случайный эксцентриситет, м			
- по Z_1	-	-	по нормам
- по Y_1	-	-	по нормам
Класс арматуры			
- продольной	A500	A500	A500
- поперечной	A500	A500	A240
Коэффициент условий работы арматуры			
- продольной	1	1	1
- поперечной	1	1	1
Максимально допустимый диаметр арматуры, мм			
- продольной	28	28	20
- поперечной	16	16	-
Учитывать заданное армирование			-
Учитывать минимальное армирование, d/s, мм/мм			
S_1	-	-	-
S_2	-	-	-
S_3	-	-	-
S_4	-	-	-
W_x	-	-	-
W_y	-	-	-

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

	Ростверк центр	Ростверк	Свая
Класс бетона	B40	B40	B35
Вид бетона	Тяжелый	Тяжелый	Тяжелый
Марка по средней плотности	-	-	-
Заполнитель легкого бетона	-	-	-
Условия твердения	Естественное	Естественное	Естественное
Коэффициент условий твердения	1	1	1
Коэффициенты условий работы бетона			
- учет нагрузок длительного действия γ_{bl}	0,9	0,9	0,9
- учет характера разрушения	1	1	1
- учет вертикального положения при бетонировании	1	1	0,85
- учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1	1	1
Трещиностойкость	Ограниченная ширина раскрытия трещин	Ограниченная ширина раскрытия трещин	Ограниченная ширина раскрытия трещин
Режим влажности бетона	Естественная влажность	Естественная влажность	Естественная влажность
Допустимая ширина раскрытия трещин, мм			
- непродолжительное раскрытие	0,4	0,4	0,4
- продолжительное раскрытие	0,3	0,3	0,3
Учитывать сейсмические воздействия при расчете по второй группе предельных состояний			

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

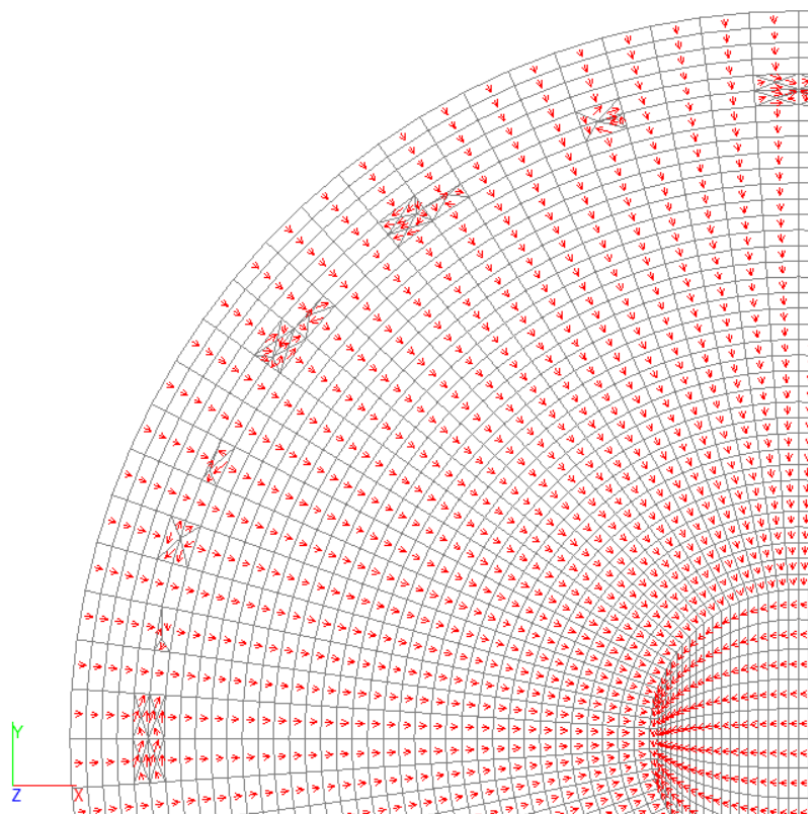


Рисунок 11. Схема направления выдачи усилий и направления армирования в ростверке (фрагмент ростверка)

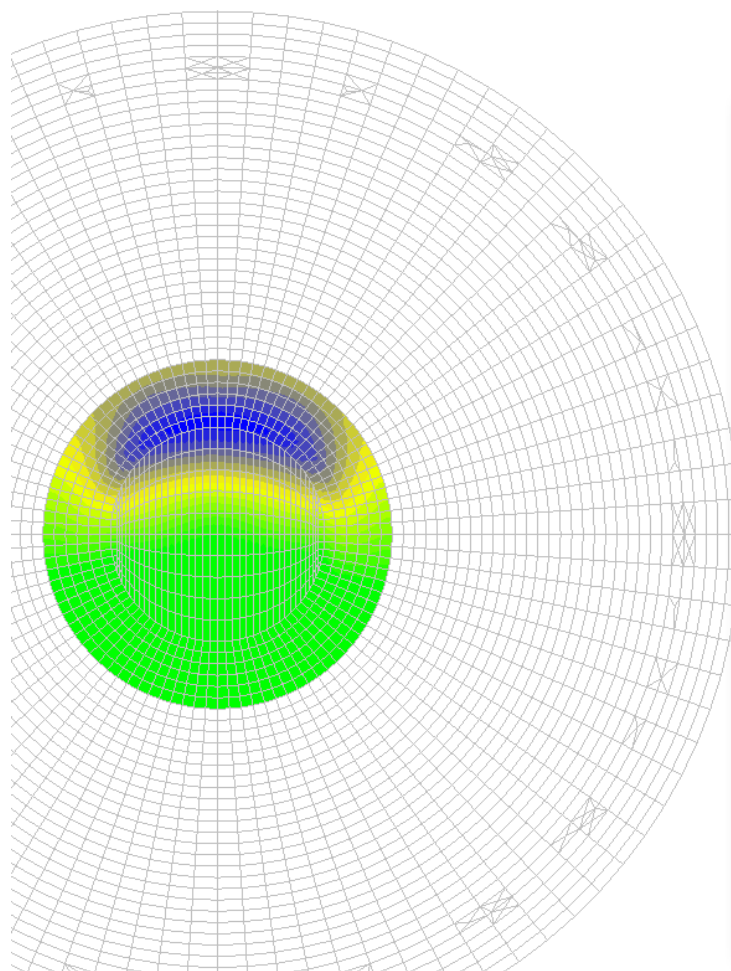
Инв. № подл.	Взам инв. №
Подп. и дата	

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

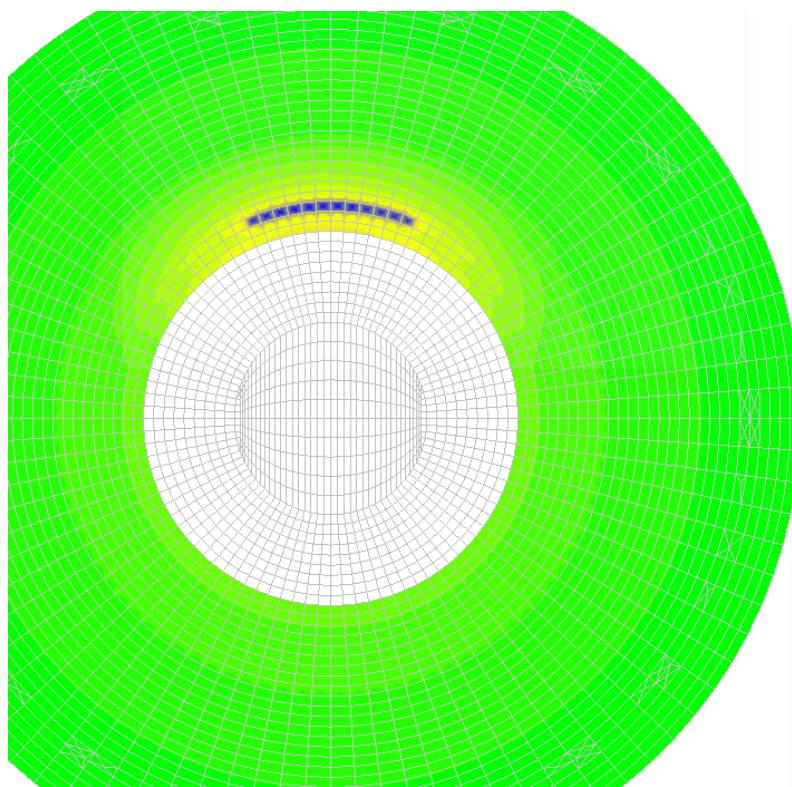
ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛ02-РР1

Лист

49



Подбор арматуры			
<input checked="" type="checkbox"/> 16			
Интенсивность S_1 (нижняя п			
	$\text{см}^2/\text{м}$	$\text{см}^2/\text{м}$	
<input checked="" type="checkbox"/>	25.14	29.32	
<input checked="" type="checkbox"/>	29.32	33.5	
<input checked="" type="checkbox"/>	33.5	37.69	
<input checked="" type="checkbox"/>	37.69	41.87	
<input checked="" type="checkbox"/>	41.87	46.06	
<input checked="" type="checkbox"/>	46.06	50.24	
<input checked="" type="checkbox"/>	50.24	54.42	
<input checked="" type="checkbox"/>	54.42	58.61	
<input checked="" type="checkbox"/>	58.61	62.79	
<input checked="" type="checkbox"/>	62.79	66.98	
<input checked="" type="checkbox"/>	66.98	71.16	
<input checked="" type="checkbox"/>	71.16	75.34	
<input checked="" type="checkbox"/>	75.34	79.53	
<input checked="" type="checkbox"/>	79.53	83.71	
<input checked="" type="checkbox"/>	83.71	87.9	
<input checked="" type="checkbox"/>	87.9	92.08	
Бетон	Арматура	Расстояние до	
	Прод. Попер.	a_1	a_2
B40	A500 A500	1490	410
<input checked="" type="checkbox"/> Шкала фрагмента			
Заккрыть			



Подбор арматуры			
<input checked="" type="checkbox"/> 16			
Интенсивность S_1 (нижняя п			
	$\text{см}^2/\text{м}$	$\text{см}^2/\text{м}$	
<input checked="" type="checkbox"/>	15.08	18.03	
<input checked="" type="checkbox"/>	18.03	20.97	
<input checked="" type="checkbox"/>	20.97	23.92	
<input checked="" type="checkbox"/>	23.92	26.86	
<input checked="" type="checkbox"/>	26.86	29.81	
<input checked="" type="checkbox"/>	29.81	32.76	
<input checked="" type="checkbox"/>	32.76	35.7	
<input checked="" type="checkbox"/>	35.7	38.65	
<input checked="" type="checkbox"/>	38.65	41.59	
<input checked="" type="checkbox"/>	41.59	44.54	
<input checked="" type="checkbox"/>	44.54	47.48	
<input checked="" type="checkbox"/>	47.48	50.43	
<input checked="" type="checkbox"/>	50.43	53.38	
<input checked="" type="checkbox"/>	53.38	56.32	
<input checked="" type="checkbox"/>	56.32	59.27	
<input checked="" type="checkbox"/>	59.27	62.21	
Бетон	Арматура	Расстояние до	
	Прод. Попер.	a_1	a_2
B40	A500 A500	30	178
<input checked="" type="checkbox"/> Шкала фрагмента			
Заккрыть			

Рисунок 12. Изополя радиального армирования ростверка понизу

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

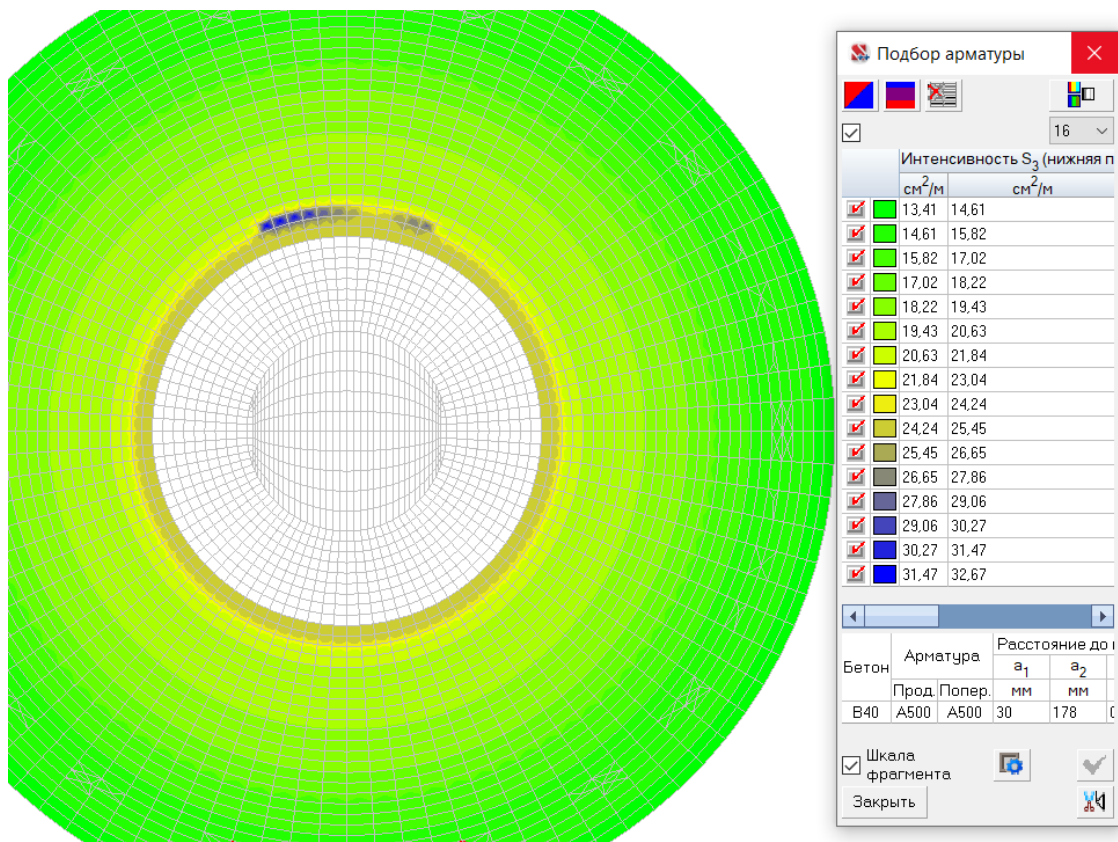
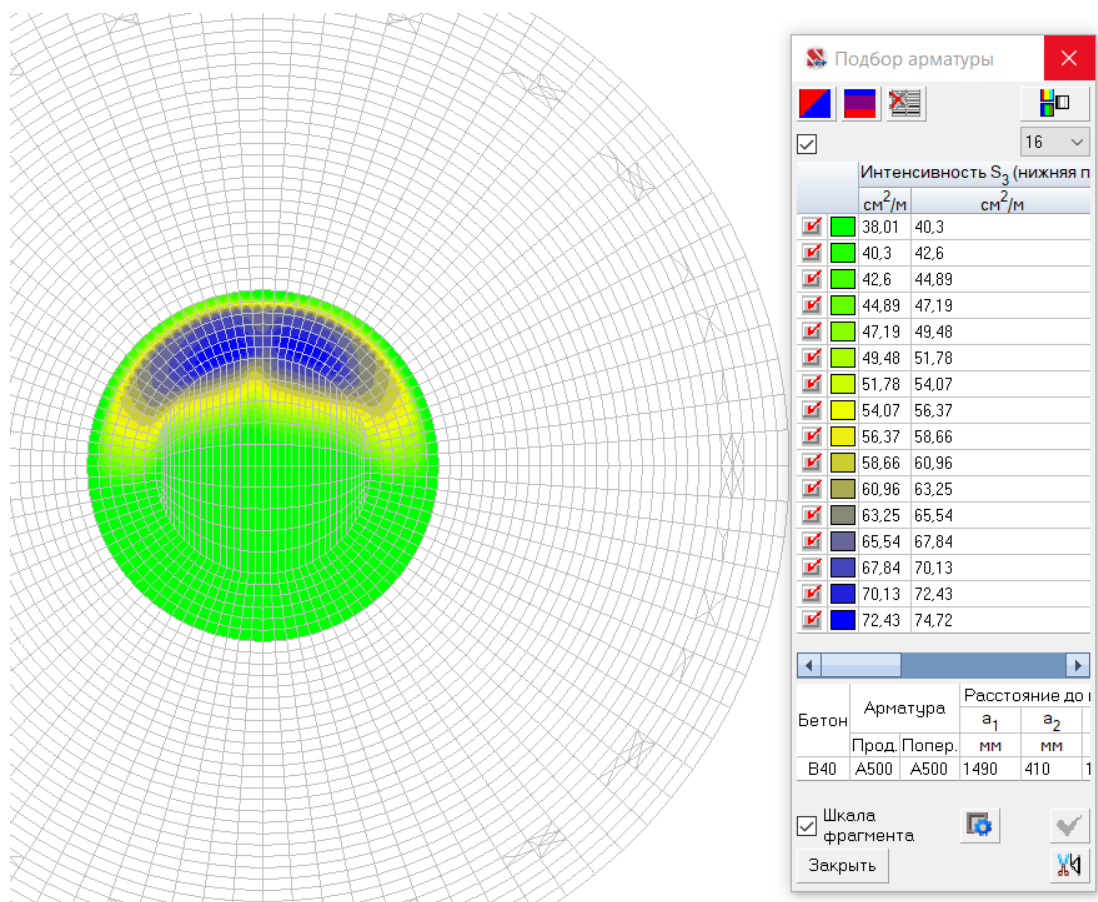
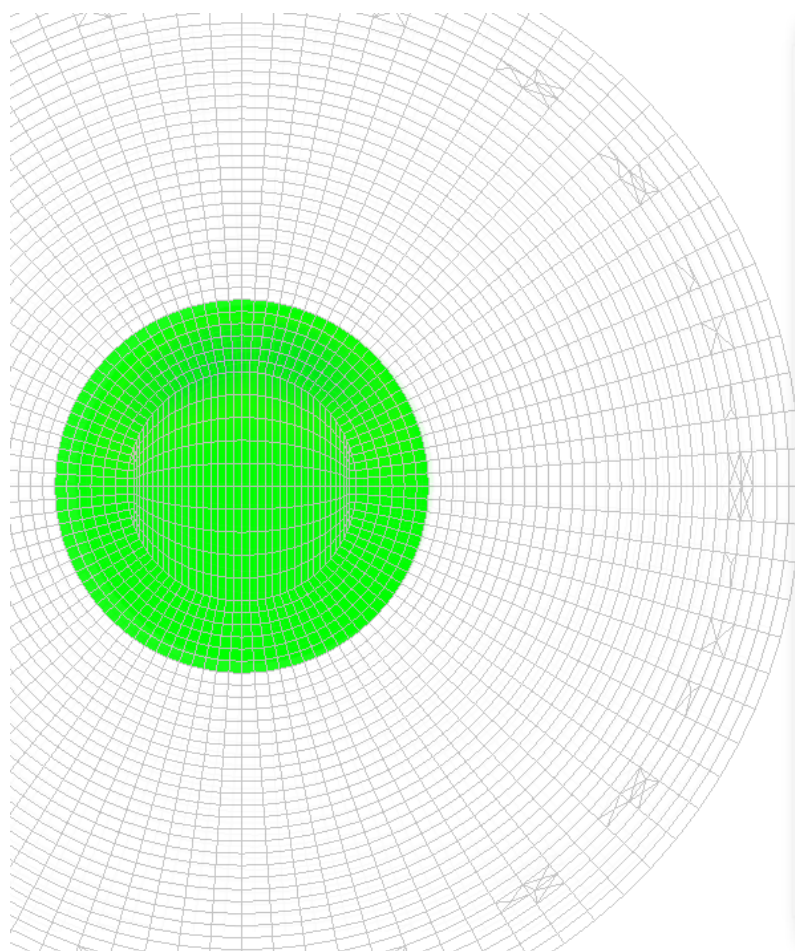


Рисунок 13. Изополя диаметрального армирования ростверка понизу

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

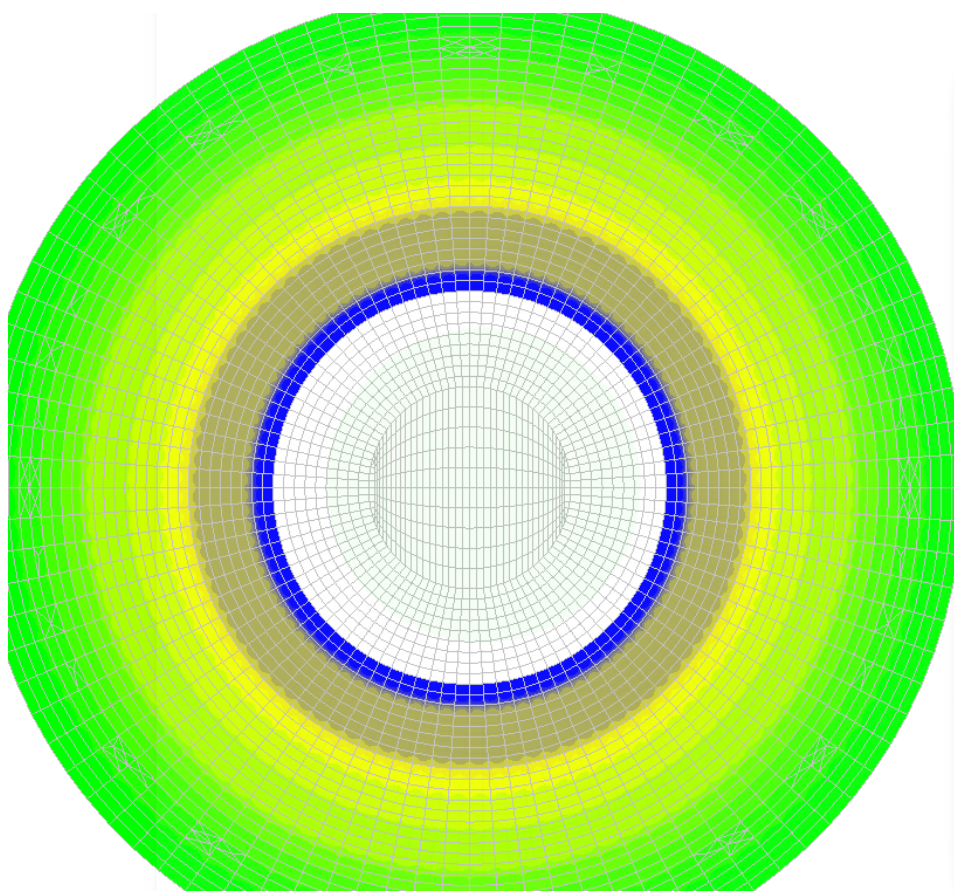


Интенсивность S_2 (верхняя граница)	
см ² /м	см ² /м
25,14	25,14
40,3	42,6
42,6	44,89
44,89	47,19
47,19	49,48
49,48	51,78
51,78	54,07
54,07	56,37
56,37	58,66
58,66	60,96
60,96	63,25
63,25	65,54
65,54	67,84
67,84	70,13
70,13	72,43
72,43	74,72

Бетон	Арматура		Расстояние до i	
	Прод	Попер.	a_1	a_2
В40	A500	A500	1490	410

☒ Шкала фрагмента

Заккрыть



Интенсивность S_2 (верхняя граница)	
см ² /м	см ² /м
15,08	15,81
15,81	16,55
16,55	17,28
17,28	18,01
18,01	18,75
18,75	19,48
19,48	20,21
20,21	20,95
20,95	21,68
21,68	22,41
22,41	23,15
23,15	23,88
23,88	24,61
24,61	25,35
25,35	26,08
26,08	26,81

Бетон	Арматура		Расстояние до i	
	Прод	Попер.	a_1	a_2
В40	A500	A500	30	178

☒ Шкала фрагмента

Заккрыть

Рисунок 14. Изополя радиального армирования ростверка поверху

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

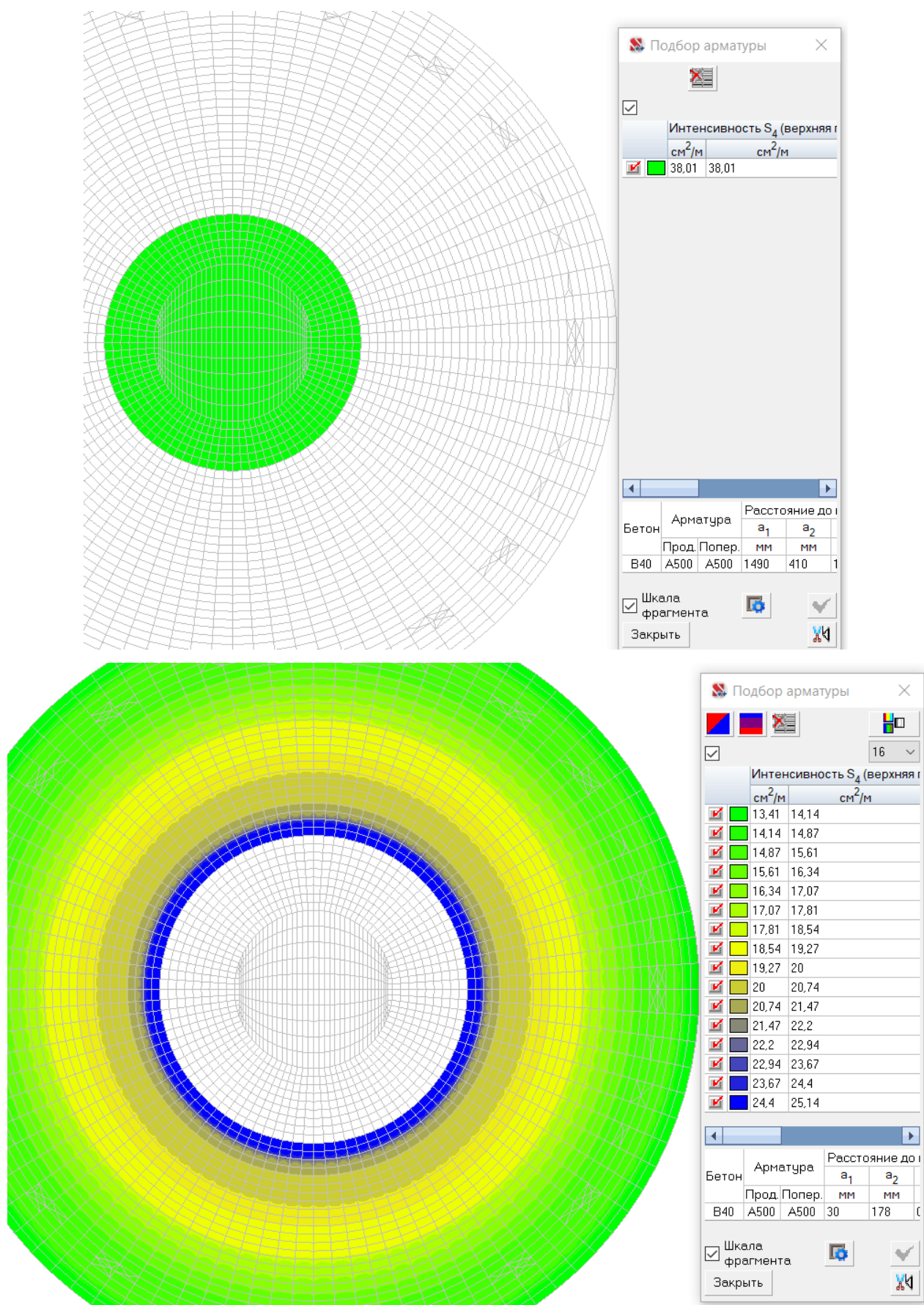


Рисунок 15. Изополя диаметального армирования ростверка поверху

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

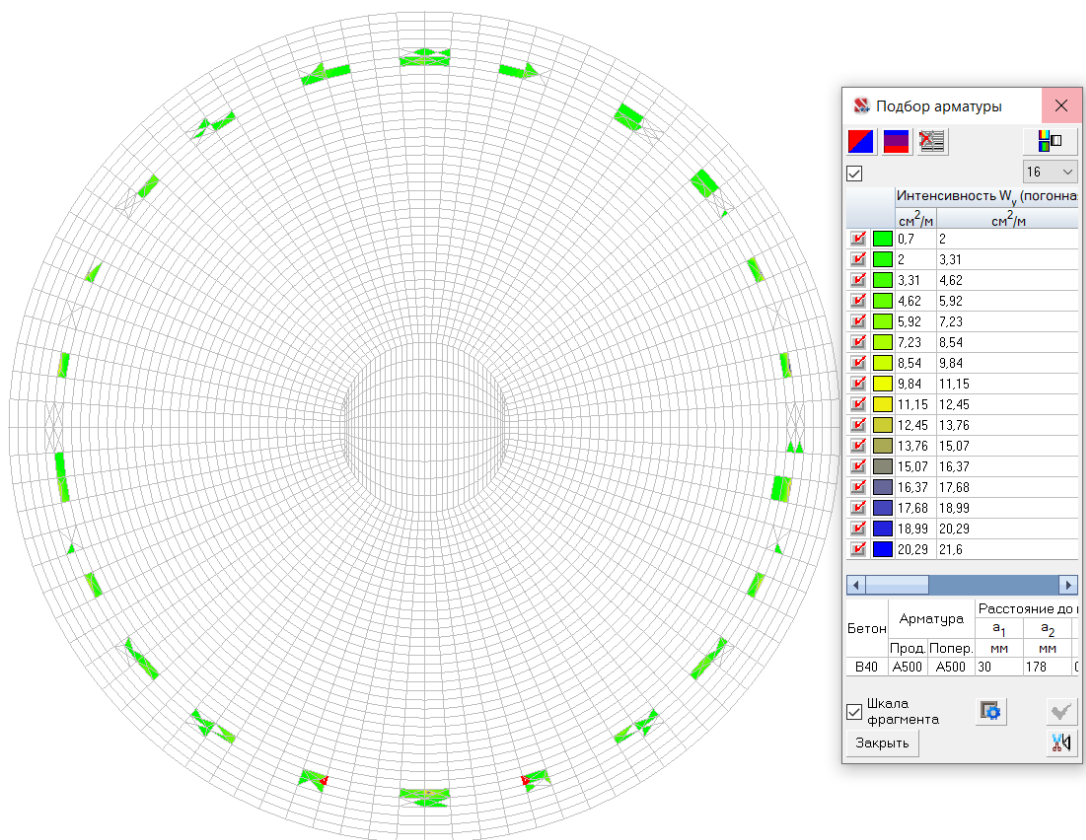
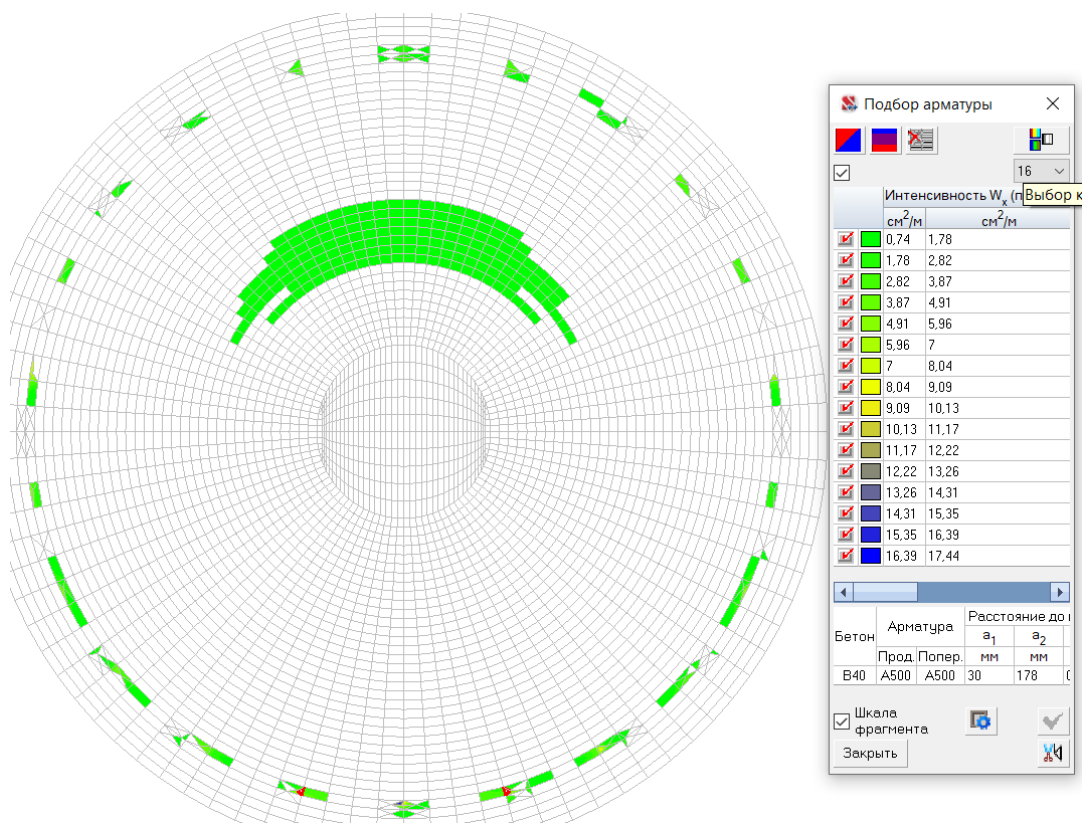


Рисунок 16. Изополя поперечного армирования ростверка

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

В связи с радиальным расположением стержней армирования верхней и нижней сеток и соответственно постоянно изменяющимся шагом, подбор количества стержней на 1 м.п. сечения ростверка выполнен исходя из сравнения требуемой и фактической площади армирования сечения. Расчетные сечения см. рисунок 16. Для подбора необходимого количества стержней на 1 м.п. сечения ростверка в программном комплексе SCAD Office выполнен расчет требуемой площади армирования см. рисунок 12-16. Результаты подбора количества стержней на 1 м.п. сечения сведены в таблицы 9...12.

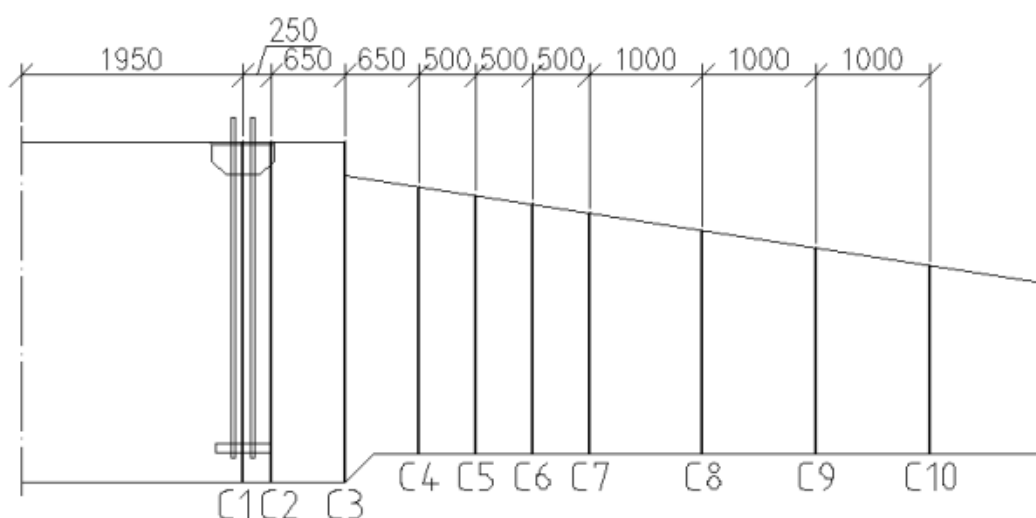


Рисунок 17. Схема расположения сечений ростверка при расчете по прочности и трещиностойкости

Таблица 9 - Радиальное армирование снизу

Номер сеч	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Кол-во рядов	3	3	3	3	3	3+1	2+1	1+1	1+1	1+1
Диаметр и кол-во стержней в ряду	d25x8 d25x8 d25x8	d25x7 d25x7 d25x7	d25x10 d22x5 d22x5	d25x9 d22x5 d22x5	d25x8 d22x4 d22x4	d25x7 d22x4 d22x4 d12x7	d25x6 d22x3 d12x6	d25x5 d12x5	d25x5 d12x4	d25x4 d12x4
Фактическая площадь армирования	117,8	103,9	87,1	82,19	69,68	72,7	47,94	30,2	28,9	24,16
Требуемая площадь армирования	94,58	94,58	81,56	59,92	63,01	30,06	27,06	25,59	24,7	18,08

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛ02-РР1

Лист

55

Таблица 10 - Диаметральное армирование снизу

Номер сеч	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Кол-во рядов	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
Диаметр и кол-во стержней в ряду	d25x8	d25x6,6	d25x6,6	d25x,6	d25x6,6	d25x6,6	d25x9	d25x6,6	d25x6,6	d25x6,6
Фактическая площадь армирования	147,8	121,9	121,9	121,9	81,3	81,3	55,4	40,6	32,4	32,4
Требуемая площадь армирования	142,32	120,53	56,23	54,22	53,6	48,88	43,07	35,17	27,28	14,12

Таблица 11 - Радиальное армирование сверху

Номер сеч	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Кол-во рядов	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Диаметр и кол-во стержней в ряду	d25x8 d20x6	d25x7 d20x5	d25x11 d20x4	d25x9 d20x3	d25x8	d25x7	d25x6	d25x5 d12x5	d25x5 d12x4	d25x4 d12x4
Фактическая площадь армирования	58,1	50,1	66,6	53,6	39,3	34,4	29,5	30,2	29,1	24,16
Требуемая площадь армирования	41,64	34,86	49	33,46	29,02	23,67	19,97	18,2	16,52	13,48

Таблица 12 - Диаметральное армирование сверху

Номер сеч	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Кол-во рядов	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Диаметр и кол-во стержней в ряду	d25x6,6	d25x6,6	d25x6,6	d25x6,6	d25x6,6	d22x6,6	d22x6,6	d22x6,6	d20x6,6	d20x6,6
Фактическая площадь армирования	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	25,1	25,1	25,1	20,74	20,74
Требуемая площадь армирования	30,18	29,12	26,06	22,91	22,33	22,17	21,5	20,83	16,8	20,09

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

56

4.2.3.2. Расчет ростверка по выносливости

Горизонтальная арматура

Согласно п.1.10 Пособия к СНиП 2.03.01-84 «Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры» расчет на действие многократно повторяющейся нагрузки, в том числе на выносливость, выполняется в соответствии с рекомендациями «Пособия по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов»

$$b = 1000 \text{ мм} \quad - \text{ ширина сечения}$$

$$h = 3955 \text{ мм} \quad - \text{ высота сечения}$$

Определение максимальных напряжений в арматуре

$$d_s = 25 \text{ мм} \quad - \text{ диаметр растянутой арматуры}$$

$$d'_s = 25 \text{ мм} \quad - \text{ диаметр сжатой арматуры}$$

$$n_s = 7 \quad - \text{ количество растянутых стержней}$$

$$n'_s = 21 \quad - \text{ количество сжатых стержней}$$

$$A_s = n_s \cdot \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = 34,34 \text{ см}^2 \quad - \text{ площадь растянутой арматуры}$$

$$A'_s = n'_s \cdot \frac{\pi \cdot d_s'^2}{4} = 103,031 \text{ см}^2 \quad - \text{ площадь сжатой арматуры}$$

$$a_s = 410 \text{ мм} \quad - \text{ расстояние от грани до центра тяжести растянутой арматуры}$$

$$a'_s = 1490 \text{ мм} \quad - \text{ расстояние от грани до центра тяжести сжатой арматуры}$$

$$M_{\max} = 384,5 \text{ Т*М} \quad - \text{ расчётный момент в сечении}$$

$$M_{\min} = -39,8 \text{ Т*М}$$

$$h_0 = h - a_s = 354,5 \text{ см} \quad - \text{ рабочая высота сечения}$$

$$\alpha = 10 \quad - \text{ коэффициент приведения арматуры к бетону, принимаемый по табл.34 пособия}$$

$$S_b = \frac{b \cdot x'^2}{2} = 190475,5974 \text{ см}^3 \quad - \text{ статический момент сжатой зоны бетона}$$

$$S_s = A_s \cdot (h_0 - x') = 10055,1 \text{ см}^3 \quad - \text{ статический момент растянутой арматуры}$$

$$S'_s = A'_s \cdot (x' - a'_s) = -8992,439 \text{ см}^3 \quad - \text{ статический момент сжатой арматуры}$$

$$S_b - \alpha \cdot S_s + \alpha \cdot S'_s = 2,040 \text{ Е-01 см}^3 \quad - \text{ равенство для определения высоты сжатой зоны бетона}$$

Взам. инв. №	$M_{min} = -39,8 \text{ Т*М}$						
	$h_0 = h - a_s = 354,5 \text{ см}$ — рабочая высота сечения						
Подп. и дата	$\alpha = 10$ — коэффициент приведения арматуры к бетону, принимаемый по табл.34 пособия						
	$S_b = \frac{b \cdot x'^2}{2} = 190475,5974 \text{ см}^3$ — статический момент сжатой зоны бетона						
Инв. № подл.	$S_s = A_s \cdot (h_0 - x') = 10055,1 \text{ см}^3$ — статический момент растянутой арматуры						
	$S'_s = A'_s \cdot (x' - a'_s) = 8992,439 \text{ см}^3$ — статический момент сжатой арматуры						
	$S_b - \alpha \cdot S_s + \alpha \cdot S'_s = 2,040\text{E-}01 \text{ см}^3$ — равенство для определения высоты сжатой зоны бетона						
						ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1	Лист
							57
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		

$$f(x') = \frac{b \cdot x'^2}{2} - \alpha \cdot A_s \cdot (h_0 - x') + \alpha \cdot A'_s \cdot (x' - a'_s) \quad x' \rightarrow \begin{cases} 617,212439 \\ -891,962439 \end{cases}$$

$$x' = \max(f(x')) = 617,21 \text{ мм}$$

$$A_b = b \cdot x' = 6,172 \times 10^3 \cdot \text{см}^2 \quad - \text{площадь сжатой зоны бетона}$$

$$A_{red} = A_b + \alpha \cdot (A_s + A'_s) = 7,55 \times 10^3 \cdot \text{см}^2 \quad - \text{приведенная площадь сечения}$$

$$I_b = \frac{b \cdot x'^3}{12} = 1,959 \times 10^6 \cdot \text{см}^4 \quad - \text{момент инерции сжатого бетона}$$

$$I_s = \frac{\pi \cdot d_s^4}{64} = 1,917 \text{ см}^4 \quad - \text{момент инерции растянутой}$$

$$I'_s = \frac{\pi \cdot d'_s{}^4}{64} = 1,917 \text{ см}^4 \quad - \text{момент инерции сжатой арматуры}$$

Момент инерции приведенного сечения относительно нейтральной оси:

$$I_{red} = I_b + b \cdot x' \cdot \left(\frac{x'}{2}\right)^2 + I_s + A'_s \cdot \alpha \cdot (x' - a'_s)^2 + A_s \cdot \alpha \cdot (h_0 - x')^2 = 4,513 \times 10^7 \cdot \text{см}^4$$

$$\sigma_{s_max} = \alpha \cdot \frac{M_{max}}{I_{red}} \cdot (h - x' - a_s) = 244,63 \text{ МПа} \quad - \text{напряжение в арматуре}$$

$$\sigma_{b_max} = \frac{M_{max} \cdot x'}{I_{red}} = 5,157 \text{ МПа} \quad - \text{напряжение в сжатом бетоне}$$

Определение минимальных напряжений в арматуре

$$d_s = 25 \text{ мм} \quad - \text{диаметр растянутой арматуры}$$

$$d'_s = 25 \text{ мм} \quad - \text{диаметр сжатой арматуры}$$

$$n_s = 21 \quad - \text{количество растянутых стержней}$$

$$n'_s = 7 \quad - \text{количество сжатых стержней}$$

$$A_s = n_s \cdot \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = 103,031 \text{ см}^2 \quad - \text{площадь растянутой арматуры}$$

$$A'_s = n'_s \cdot \frac{\pi \cdot d'_s{}^2}{4} = 34,344 \text{ см}^2 \quad - \text{площадь сжатой арматуры}$$

$$a_s = 1490 \text{ мм} \quad - \text{расстояние от грани до центра тяжести растянутой арматуры}$$

$$a'_s = 410 \text{ мм} \quad - \text{расстояние от грани до центра тяжести сжатой арматуры}$$

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

58

$$M_{\max} = -39,8 \text{ Т*М} \quad \text{— расчётный момент в сечении}$$

$$M_{\min} = 384,5 \text{ Т*М}$$

$$h_0 = h - a_s = 247 \text{ см} \quad \text{— рабочая высота сечения}$$

$$\alpha = 10 \quad \text{— коэффициент приведения арматуры к бетону, принимаемый по табл.34 пособия}$$

$$S_b = \frac{b \cdot x'^2}{2} = 3037,967 \text{ см}^3 \quad \text{— статический момент сжатой зоны бетона}$$

$$S_s = A_s \cdot (h_0 - x') = 19137,093 \text{ см}^3 \quad \text{— статический момент растянутой арматуры}$$

$$S'_s = A'_s \cdot (x' - a'_s) = 678,610 \text{ см}^3 \quad \text{— статический момент сжатой арматуры}$$

$$S_b - \alpha \cdot S_s + \alpha \cdot S'_s = -181546,9 \text{ см}^3 \quad \text{— равенство для определения высоты сжатой зоны бетона}$$

$$f(x') = \frac{b \cdot x'^2}{2} - \alpha \cdot A_s \cdot (h_0 - x') + \alpha \cdot A'_s \cdot (x' - a'_s) \quad x' \rightarrow \begin{pmatrix} 607,5933404 \\ -882,3433404 \end{pmatrix}$$

$$x' = \max(f(x')) \cdot \text{см} = 607,6 \text{ мм}$$

$$A_b = b \cdot x' = 6,08 \times 10^3 \cdot \text{см}^2 \quad \text{— площадь сжатой зоны бетона}$$

$$A_{red} = A_b + \alpha \cdot (A_s + A'_s) = 7,4 \times 10^3 \cdot \text{см}^2 \quad \text{— приведенная площадь сечения}$$

$$I_b = \frac{b \cdot x'^3}{12} = 1869208,59 \text{ см}^4 \quad \text{— момент инерции сжатого бетона}$$

$$I_s = \frac{\pi \cdot d_s^4}{64} = 1,917 \text{ см}^4 \quad \text{— момент инерции растянутой}$$

$$I'_s = \frac{\pi \cdot d'_s{}^4}{64} = 1,917 \text{ см}^4 \quad \text{— момент инерции сжатой арматуры}$$

Момент инерции приведенного сечения относительно нейтральной оси:

$$I_{red} = I_b + b \cdot x' \cdot \left(\frac{x'}{2}\right)^2 + I'_s + A'_s \cdot \alpha \cdot (x' - a'_s)^2 + A_s \cdot \alpha \cdot (h_0 - x')^2 = 4,316 \times 10^7 \cdot \text{см}^4$$

$$\sigma_{s_min} = \alpha \cdot \frac{M_{min}}{I_{red}} \cdot (x' - a'_s) = 17,263 \text{ МПа} \quad \text{— напряжение в арматуре}$$

$$\sigma_{b_min} = 0,0 \text{ МПа} \quad \text{— напряжение в сжатом бетоне}$$

Взам инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Определение коэффициента асимметрии цикла

$$p_s = \frac{\sigma_{s_min}}{\sigma_{s_max}} = 0,0706$$

$$p_b = \frac{\sigma_{b_min}}{\sigma_{b_max}} = 0,000$$

Материалы

Класс бетона В40

Класс арматуры А500

Характеристики
 $R_b = 22$ МПа - расчетное сопротивление бетона сжатию, (СП 63.13330.2018 табл.6.8)

 $R_s = 435$ МПа - расчетное сопротивление растяжению стали арматуры,
(СП 63.13330.2018 табл.6.14)

$$\sigma_{s_max} < R_s \cdot \gamma_s \cdot \gamma_{s4}$$

$$\sigma_{b_max} < R_b \cdot \gamma_{b1}$$

 $\gamma_s = 0,568$ - коэффициент условий работы арматуры в соответствии со СНиП 2.03.01-84* "Бетонные и железобетонные конструкции" табл. 25*

 $\gamma_{s4} = 1$ - коэффициент при наличии сварных соединений

 $\gamma_{b1} = 0,700$ - коэффициент условий работы (таб.35)

$$\sigma_{s_max} = 244,629 \text{ МПа} \quad R_s \cdot \gamma_s \cdot \gamma_{s4} = 247,01 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{b_max} = 5,157 \text{ МПа} \quad R_b \cdot \gamma_{b1} = 15,400 \text{ МПа}$$

$$K_1 = \frac{\sigma_{s_max}}{R_s \cdot \gamma_s \cdot \gamma_{s4}} = 0,990 \quad - \text{коэффициенты использования прочности арматуры}$$

$$K_2 = \frac{\sigma_{b_max}}{R_b \cdot \gamma_{b1}} = 0,335 \quad - \text{коэффициенты использования прочности бетона}$$

Вывод: напряжения в основной арматуре не превышают предельные.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

60

Наклонные сечения.

Расчет выполняется согласно п.3.59 и п.4.9 «Пособия по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов».

Расчет выполняется согласно п.3.59 и п.4.9 «Пособия по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов».

Поперечные усилия при расчёте на выносливость:

$$Q_{\max} = 126,4 \quad T^*_{\text{M}}$$

Приведенный статический момент:

$$S_{red_max} = 1,933 \times 10^5 \cdot \text{cm}^3$$

Приведенный статический момент:

$$I_{\text{red max}} = 4,146 \times 10^7 \cdot \text{cm}^4$$

Касательные напряжения в бетоне (ф.189)

$$\tau_{xy_max} = \frac{Q_{max} \cdot S_{red_max}}{b \cdot I_{red_max}} \quad 0,578 \text{ МПа}$$

$$\gamma_{b1} = 0,75$$
 - коэффициент условий работы (таб.35)

$$\gamma_{b4} = 1$$
 - коэффициент условий работы (п. 4.9)

Главные растягивающие напряжения (ф.185)

$$\sigma_{mt\max} = \tau_{xy\max} = 0,578 \text{ МПа} \qquad \gamma_{b1} \cdot \gamma_{b4} \cdot R_{bt} = 1,050 \text{ МПа}$$

$$K_Q = \frac{\sigma_{mt_max}}{\gamma_{b1} \cdot \gamma_{b4} \cdot R_{bt}} = 0,550 \quad \text{— коэффициенты использования прочности}$$

Вывод: главные касательные напряжения не превышают предельные.

4.2.3.3. Расчет на продавливание

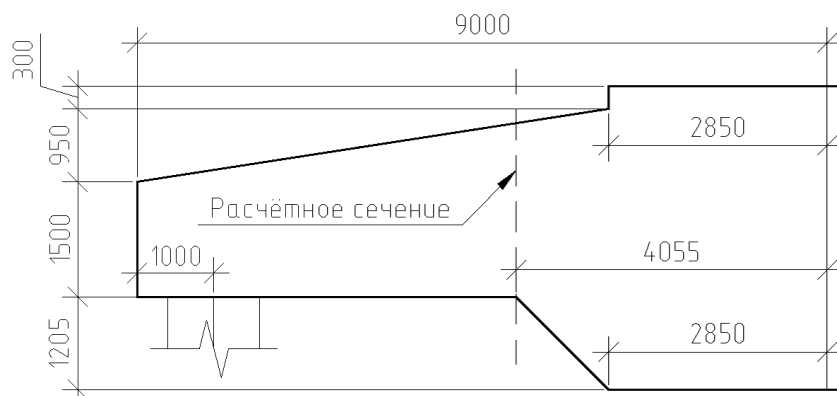


Рисунок 20. Схема определения расчетного сечения на продавливание

Верхний диаметр контура продавливания

$$D = 5700 \text{ мм}$$

Расстояние до центра тяжести арматуры

$$a = 1490 \text{ мм}$$

Толщина ростверка

$$H = 3955 \text{ мм}$$

Заделка сваи в ростверк

$$b = 50 \text{ мм}$$

Рабочая высота сечения

$$h_0 = H - a - b = 2415 \text{ мм}$$

Материалы

Класс бетона = 40

Класс арматуры = А500

Характеристики

$$R_b = 22 \text{ МПа}$$

– расчетное сопротивление бетона сжатию,
(СП 63.133330.2018 табл. 6.8)

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

62

$R_{bt} = 1,4$ МПа – расчетное сопротивление бетона растяжению, (СП 63.133330.2018 табл. 6.8)

$E_s = 2 \times 10^5$ МПа – модуль упругости стали арматуры, (СП 63.133330.2018 п. 6.2.12)

$d = 7820$ мм – диаметр контура продавливания

$u = \pi * d = 24,55$ м – периметр контура продавливания

$A_b = u * h_o = 59,30$ м² – площадь боковой поверхности контура продавливания

Сосредоточенная сила от внешней нагрузки

$$F = \begin{pmatrix} 385,66 \\ 377,91 \\ 384,64 \\ 400,55 \\ 385,66 \\ 397,49 \\ 388,31 \\ 388,31 \end{pmatrix} \text{ т}$$

Сосредоточенный изгибающий момент от внешней нагрузки

$$M = \begin{pmatrix} 8754,3 \\ 1975,2 \\ 8154,7 \\ 2630,88 \\ 1371,52 \\ 5406,56 \\ 7258,5 \\ 7250,38 \end{pmatrix} \text{ т*м}$$

Коэффициент надежности

$$\gamma_f = \begin{pmatrix} 1,1 \\ 1,35 \\ 1,1 \\ 1,35 \\ 1,1 \\ 1,1 \\ 1,35 \\ 1,35 \end{pmatrix}$$

$\gamma_n = 1,1$ – коэффициент надежности по назначению (ответственности сооружения, принимаемый равным 1.1, 1.0, 0.8 соответственно для сооружений I, II, III уровней ответственности (п. 10.1 ГОСТ 27751-2014))

$F_{b,ult} = R_{bt} * A_b = 8466,22$ т – предельная сосредоточенная сила воспринимаемая бетоном (ф. 8.88 СП 63.13330.2018)

$W_b = \frac{\pi * (D + h_o)^2}{4} = 51,695$ м² – момент сопротивления расчетного контура бетона для колонн круглого сечения (ф. 8.1.51 СП 63.13330.2018)

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

$$c_{p_m} = \frac{\sum_k (c_{pk} * l_k)}{l_{св}} = 0,6 \times 10^5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$\beta' = \sqrt{\frac{c_{p_m} * u}{E_b * A_p}} = 0,024 \frac{1}{\text{м}}$$

$E = 24,5 \text{ МПа}$ – модуль деформации грунта под подошвой фундамента (свай) (в случае неоднородного основания значение принимается среднее в пределах снижаемой толщи)

$$A_{10} = 10 \text{ м}^2$$

$b_0 = 1,2 * \frac{1}{\text{м}}$ – коэффициент, принимаемый для песчаных грунтов 1, для супесей и суглинков 1.2, для глин и крупнообломочных грунтов 1.5 (удваивает для забивных свай)

$A = A_p$ – площадь наибольшего поперечного сечения нижнего конца сваи

$$C'_z = b_0 * E \left(1 + \left(\frac{A_{10}}{A} \right) \right) = 2,9 \times 10^5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \quad \text{– коэффициент упругого равномерного сжатия грунта на уровне нижних конов свай (ф. 5 СП 26.13330-2012)}$$

$$\alpha = \frac{C'_z}{E_b} = 0,001 \frac{1}{\text{м}^2}$$

$$K'_{z_red} = N * E_b * A_p * \beta' * \frac{\beta' * \tanh(\beta' * l_{св}) + \alpha}{\beta' + \alpha * \tanh(\beta' * l_{св})} = 7,341 \times 10^7 \frac{\text{кН}}{\text{м}} \quad \text{– (ф. 87 СП 26.13330-2012)}$$

$$K_{z_red} = \frac{K'_{z_red}}{1 + \frac{K'_{z_red} * l_0}{N * E_b * A_p}} = 7,34 \times 10^7 \frac{\text{кН}}{\text{м}} \quad \text{– (ф. 86 СП 26.13330-2012)}$$

$$\beta'_x = 0,25 * \beta'_z \quad \text{– (ф. 89 СП 26.13330-2012)}$$

$$m_{x_red} = m_r + \beta'_x * m_p + m_0 = 4250,62 \text{ т} \quad \text{– приведенная масса всей установки для горизонтальных колебаний (ф. 88 СП 26.13330-2012)}$$

Осредненный понижающий коэффициент (Приложение В, п. В.5 СП 24.13330.2011)

$$\alpha_i = 0,54$$

$$K = \begin{pmatrix} 6000 & * \alpha_i \\ 0 & * \alpha_i \\ 0 & \end{pmatrix} \frac{\text{кН}}{\text{м}^4} \quad \text{– коэффициент пропорциональности слоев (табл. В.1 СП 24.13330.2011)}$$

Приведённое значение коэффициента пропорциональности

$$K = \sum_{i=1}^{n_{гp}} \left[\frac{K_i * l_i * [2 * (\sum_{i=1}^{n_{гp}} l_i - \sum_{m=1} l_m) + l_i]}{(\sum_{i=1}^{n_{гp}} l_i)^2} \right] = 1620 \frac{\text{кН}}{\text{м}^4}$$

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

$$I = \frac{\pi * d^4}{64} = 10,174 \times 10^6 \text{ см}^4$$

– момент инерции поперечного сечения свай

$$b_p = \begin{cases} (d + 1\text{м}) & \text{if } d \geq 0,8 \\ (1,5 * d + 0,5\text{м}) \end{cases}$$

– условная ширина свай, м, принимаемая равной: для свай-оболочек, а также свай-столбов и набивных и буровых свай с диаметром стволов от 0.8 м и более $b_p = (d+1)$ м, а для остальных видов и размеров сечений свай $b_p = (1.5d+0.5)$ м (п. В.4 СП

$$b_p = 2,2 \text{ м}$$

$$\gamma_c = 3$$

– согласно пояснению к ф. 91 СП 26.13330-2012

$$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{K * b_p}{\gamma_c * E_b * I}} = 0,128 \frac{1}{\text{м}}$$

– коэффициент деформации (ф. В.4 СП 24.13330.2011)

$$\alpha' = 2 * \alpha_\varepsilon = 0,255$$

– коэффициент упругой деформации системы "свая-грунт" (ф. 91 СП 26.13330-2012)

$$l = 22,9 \text{ м}$$

– действительная глубина погружения свай (её нижнего конца) в грунт, отсчитываемые от поверхности грунта при высоком ростверке или от подошвы ростверка при низком ростверке

$$l' = l * \alpha' = 5,843 \text{ м}$$

– приведённая глубина погружения свай в грунт

Опираение свай : опирание на дисперсный грунт

$$A_0 = 2,441$$

$$B_0 = 1,621$$

$$C_0 = 1,751$$

– безразмерные коэффициенты, принимаемые по таблице Д.2 СП 50-102-2003

Коэффициент для свай, зашёлненных в ростверке (ф. 93 СП 26.13330-2012):

$$p = A_0 + \frac{1}{C_0 + l_0 * \alpha'} * \left[B_0 * [(l_0 * \alpha')^2 - B_0] + \frac{(l_0 * \alpha')^3}{3} * \left(C_0 + \frac{l_0 * \alpha'}{4} \right) \right] = 0,94$$

$$K_{x_red} = \frac{N * \alpha'^5 * E_b * I}{p} = 1,366 \times 10^7 \frac{\text{кН}}{\text{м}} \quad \text{– ф. 90 СП 26.13330-2012}$$

$$l_{1_св_цт} =$$

1	2,472
2	4,702
3	6,472
4	7,608

– расстояние от оси четверти свай до горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно

$$l_{2_св_цт} =$$

1	0
2	8

– расстояние от оси оставшихся свай до горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

$$l_{\text{св_вцт}} = \begin{array}{|c|c|} \hline 1 & 8 \\ \hline 2 & \\ \hline \end{array} \text{ – расстояние от оси ряда свай до вертикальной} \\ \text{оси, проходящей через центр тяжести ростверка}$$

Сумма квадратов расстояний от осей свай до горизонтальной оси (ф. 95 СП 26.13330-2012):

$$r_2 = \sum_{i=1}^N r_h^2 = 4 * \sum_{i=1}^{l_{\text{св_вцт}}} (l_{\text{св_вцт}i})^2 + 2 * \sum_{i=1}^{l_{\text{св_вцт}}} (l_{\text{св_вцт}i})^2 = 639,95 \text{ м}^2$$

Сумма квадратов расстояний от осей свай до горизонтальной оси (ф. 99 СП 26.13330-2012):

$$r_3 = \sum_{i=1}^N r_v^2 = N_{\text{ряд}} * \sum_{i=1}^{l_{\text{св_вцт}}} (l_{\text{св_вцт}i})^2 = 1408 \text{ м}^2$$

Приведенный момент инерции массы всей установки относительно оси проходящей через

$$\Theta_{\varphi_{red}} = \Theta_{\varphi_r} + \beta'_z * m_p * r_2 + m_0 * r_3 = 6,68 \times 10^6 \text{ т} * \text{м}^2 \text{ – ф. 95 СП 26.13330-2012}$$

$$m_{\varphi_{red}} = m_{x_{red}} = 4250,62 \text{ т} \text{ – ф. 94 СП 26.13330-2012}$$

$$\Theta_{\varphi 0_{red}} = \Theta_{\varphi_{red}} + h_2^2 * m_r = 6,688 \times 10^6 \text{ т} * \text{м}^2 \text{ – ф. 96 СП 26.13330-2012}$$

$$K_{\varphi_{red}} = \frac{K_{z_{red}}}{N} * r_2 = 0,021 \times 10^{11} \text{ кН} * \text{м} \text{ – ф. 97 СП 26.13330-2012}$$

Приведенный момент инерции массы всей установки относительно вертикальной оси

$$\Theta_{\psi_{red}} = \Theta_{\psi_r} + \beta'_x * m_p * r_3 + m_0 * r_3 = 36,766 \times 10^5 \text{ т} * \text{м}^2 \text{ – ф. 99 СП 26.13330-2012}$$

$$m_{\psi_{red}} = m_{x_{red}} = 4250,62 \text{ т} \text{ – ф. 98 СП 26.13330-2012}$$

$$K_{\psi_{red}} = \frac{K_{x_{red}}}{N} * r_3 = 0,087 \times 10^{10} \text{ кН} * \text{м} \text{ – ф. 100 СП 26.13330-2012}$$

Коэффициенты жесткости основания (п. 6.6.3 СП 26.13330-2012):

$$K_{\psi} = K_{\psi_{red}} = 0,874 \times 10^9 \text{ кН} * \text{м} \text{ – вращательная жесткость фундамента}$$

$$K_{\varphi} = K_{\varphi_{red}} = 0,021 \times 10^{11} \text{ кН} * \text{м} \text{ – горизонтально-вращательная жесткость фундамента}$$

$$K_x = K_{x_{red}} = 1,366 \times 10^7 \frac{\text{кН}}{\text{м}} \text{ – горизонтальная (поперечная) жесткость фундамента}$$

Минимальное значение вращательной жесткости – 79 ГН*м/рад.

Действительное значение вращательной жесткости – 1040 ГН*м/рад.

Минимальное значение поперечной жесткости – 44,9 МН/м.

Действительное значение поперечной жесткости – 16 230 МН/м.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1

Лист

Вывод: значения вращательной и поперечной жесткостей фундамента превышают минимальные требуемые значения.

5. Заключение

В отчете представлен расчет фундаментов ВЭУ на свайном основании с рекомендуемыми геометрическими параметрами. По результатам расчета сделаны следующие заключения:

1. В основании свай залегают следующие грунты:

ИГЭ - 3 – суглинок тяжелый пылеватый полутвердой консистенции непросадочный, незасоленный ненабухающий; $\rho = 1,95 \text{ г/см}^3$, $E = 24,5 \text{ МПа}$, $\varphi = 210$, $C = 21 \text{ кПа}$;

ИГЭ – 3а – суглинок легкий пылеватый полутвердой консистенции непросадочный, незасоленный ненабухающий; $\rho = 2,02 \text{ г/см}^3$, $E = 24,3 \text{ МПа}$, $\varphi = 230$, $C = 19 \text{ кПа}$;

ИГЭ-5 - глина легкая пылеватая твердой консистенции непросадочная, незасоленная, ненабухающая; $\rho = 1,95 \text{ г/см}^3$, $E = 25,6 \text{ МПа}$, $\varphi = 190$, $C = 53 \text{ кПа}$;

ИГЭ-6 – песок мелкий средней плотности однородный малой степени водонасыщения; $e = 0,60$, $E = 30,8 \text{ МПа}$, $\varphi = 34,20$;

ИГЭ – 7 – суглинок легкий песчанистый твердой консистенции непросадочный, незасоленный ненабухающий; $\rho = 1,92 \text{ г/см}^3$, $E = 21,5 \text{ МПа}$, $\varphi = 240$, $C = 28 \text{ кПа}$.

Сваи – висячие. Количество свай на один фундамент составляет 22 штуки. Сечение $d1200 \text{ мм}$, длина от $14,35 \text{ м}$ до $20,35 \text{ м}$, с жесткой заделкой в ростверк.

2. Армирование свай – А500 Ø20 мм, 16 штук.

3. Бетон свай принят В35 F150 W10 по ГОСТ 26633-2015, на портландцементе по ГОСТ 10178-85.

4. Методом выполнения буронабивных свай выбран метод вертикально перемещающейся трубы (ВПТ) под защитой обсадных труб.

5. Ростверк ВЭУ имеет круглую форму. Плита ростверка имеет диаметр от 18 м у подошвы и до $5,7 \text{ м}$ в верхней части и переменную толщину от 1500

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									70	
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1	

мм до 3655 мм изменение толщины происходит от краев к центру. Пьедестал выполнен диаметром 5700 мм и толщиной 3955 мм.

6. Армирование ростверков выполнено на основании расчетов по прочности, трещиностойкости и выносливости.

7. Арматура ростверка класса А500С и А240.

8. Бетон фундамента В40 F150 W10 по ГОСТ 26633-2015, на портландцементе по ГОСТ 10178-85.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									71	
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	ВЭС000107.356.3.1.3-ИЛО2-РР1	