

СВАИ СОСТАВНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ

Технический проект

Пояснительная записка. Расчёты

22.003.1.1

Инва. № подл.	Подп. и дата	Инва. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Санкт – Петербург
2022

СВАИ СОСТАВНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ

Технический проект

Пояснительная записка. Расчёты

22.003.1.1

Изм. № подл.	Подп. и дата	Изм. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Заведующая НИЛКЭС, к.т.н.



Л. И. Качановская

Заведующий сектором НИЛКЭС



С. П. Касаткин

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

Состав проекта

Том	Обозначение	Наименование
<u>Технический проект</u>		
1.1	22.003.1.1	Пояснительная записка. Расчёты
1.2	22.003.1.2	Программа и методика испытаний
1.3	22.003.1.3	Технические условия
<u>Рабочая документация</u>		
2	22.003.2	Рабочая документация

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	22.003.1.1 СП								
					Лит.	Лист	Листов						
					Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Состав проекта			
					Разраб.	Касаткин	<i>Касаткин</i>	11.22					
					Пров.	Бондарева	<i>Бондарева</i>	11.22				1	1
					Н. контр.	Трухина	<i>Трухина</i>	11.22					
					Утв.								

Содержание тома

Обозначение	Наименование	Стр.
22.003.1.1СП	Состав проекта	2
22.003.1.1С	Содержание тома	3
22.003.1.1ПЗ	Пояснительная записка.	4
22.003.1.1ЛРИ	Лист регистрации изменений	66

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	22.003.1.1С								
					Лит.	Лист	Листов						
					Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Содержание			
					Разраб.	Касаткин	<i>[Подпись]</i>	11.22					
					Пров.	Бондарева	<i>[Подпись]</i>	11.22				1	1
					Н. контр.	Трухина	<i>[Подпись]</i>	11.22					
					Утв.								

Оглавление

Введение.....	5
1 Назначение и область применения.....	5
2 Маркировка.....	6
3 Технические характеристики.....	6
4 Описание и обоснование выбранных конструкций.....	7
5 Материалы	12
6 Защита от коррозии.....	13
7 Уровень стандартизации и унификации	14
8 Рекомендации по погружению свай.....	14
9 Расчёты, подтверждающие работоспособность и надёжность конструкций .	17
9.1 Сваи первого типа армирования.....	17
9.2 Сваи второго типа армирования.....	29
9.3 Сваи третьего типа армирования.....	41
9.4 Сваи четвёртого типа армирования.....	53
Нормативные ссылки	65

1

0

Подп. и дата	Инва. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	22.003.1.1ПЗ				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Касаткин	<i>Касаткин</i>	11.22				1	62
Пров.	Бондарева	<i>Бондарева</i>	11.22					
Н. контр.	Трухина	<i>Трухина</i>	11.22					
Утв.								
Инва. № подл.								

Введение

Настоящая работа выполнена Научно-исследовательской лабораторией конструкций электросетевого строительства (НИЛКЭС) ООО "ПО "Энергожелезобетонинвест".

Целью работы является разработка составных железобетонных свай длиной 13-24 м, применяемых, как правило, в фундаментах под опоры воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ. Применение составных железобетонных свай в грунтах с низкой несущей способностью, на болотах, а также под опоры со значительными нагрузками позволит сократить затраты на строительство и эксплуатацию по сравнению, например, с использованием металлических свай или за счёт уменьшения количества свай в кусте.

1 Назначение и область применения

Составные железобетонные сваи предназначены для закрепления опор ВЛ и других сооружений на грунтах с низкой несущей способностью, в местах с наличием у поверхности слабых грунтов значительной мощности, а также для закрепления опор со значительными значениями нагрузок, например от опор больших переходов ВЛ.

Сваи могут применяться как одиночно, так и в составе кустов с устройством ростверков. Ростверки могут быть выполнены из унифицированных стальных конструкций, например по сериям 3.407-115, 3.407.9-146 или индивидуальной разработки и крепиться к сваям при помощи шпильки.

Допускаемые нагрузки на одиночную сваю определяются несущей способностью конструкций по материалу и могут достигать:

- осевая выдёргивающая нагрузка: $N=47,57$ тс;
- поперечная нагрузка: $Q=6,1$ тс;
- изгибающий момент: $M=22,5$ тс.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					Лист	
					22.003.1.1ПЗ					2
					Изм	Лист	№ докум.	Подп.		

2 Маркировка

Шифр свай состоит из буквенно-цифровых групп, разделённых между собой точками.

Пример условного обозначения составной сваи:

C35.15.1,

где (С) свая, (35) сечением 35х35 см, (15) длиной 15 м, (1) первого типа армирования.

Пример условного обозначения верхней секции:

C35.3.В.2,

где (С) свая, (35) сечением 35х35 см, (3) длиной 3 м, (В) верхняя секция, (2) второго типа армирования.

Пример условного обозначения нижней секции:

C35.12.Н.3,

где (С) свая, (35) сечением 35х35 см, (12) длиной 12 м, (Н) нижняя секция, (3) третьего типа армирования.

3 Технические характеристики

Армирование свай выполнено ненапрягаемой арматурой по 8 стержней (по 2 стержня в каждом углу сваи).

Разработано 4 типа армирования свай:

- 1 тип армирования – 8d18A500;
- 2 тип армирования – 8d20A500;
- 3 тип армирования – 8d22A500;
- 4 тип армирования – 8d25A500.

Сваи имеют 2 типа оголовков, отличающихся диаметром и длиной шпильки:

- 1 тип оголовника– шпилька М42 длиной 450 мм для свай 1 и 2 типа армирования;

Инт. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Интв. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	22.003.1.1ПЗ	Лист
						3

- 2 тип оголовника– шпилька М56 длиной 500 мм ля свай 3 и 4 типа армирования.

Несущая способность свай 1 типа армирования:

- допускаемый изгибающий момент $M=12,3$ тм при продольной силе $N=0$ т;
- допускаемая продольная сила $N=20,55$ т при стали шпильки Ст3;
- допускаемая продольная сила $N=26,26$ т при стали шпильки 09Г2С.

Несущая способность свай 2 типа армирования:

- допускаемый изгибающий момент $M=15,0$ тм при продольной силе $N=0$ т;
- допускаемая продольная сила $N=20,55$ т при стали шпильки Ст3;
- допускаемая продольная сила $N=26,26$ т при стали шпильки 09Г2С.

Несущая способность свай 3 типа армирования:

- допускаемый изгибающий момент $M=17,6$ тм при продольной силе $N=0$ т;
- допускаемая продольная сила $N=37,23$ т при стали шпильки Ст3;
- допускаемая продольная сила $N=47,57$ т при стали шпильки 09Г2С.

Несущая способность свай 4 типа армирования:

- допускаемый изгибающий момент $M=22,5$ тм при продольной силе $N=0$ т;
- допускаемая продольная сила $N=37,23$ т при стали шпильки Ст3;
- допускаемая продольная сила $N=47,57$ т при стали шпильки 09Г2С.

4 Описание и обоснование выбранных конструкций

Составные железобетонные сваи имеют квадратное сечение 35 x 35 см и состоят из двух секций: нижняя секция имеет длину 12 м, верхняя секция имеет длину от 1 до 12 м с шагом 1 м для выбора наиболее оптимальной длины.

Соединение секций производится при помощи сварки на строительной площадке после погружения нижней секции. Закладные детали свай провариваются по контуру примыкания швом с катетом 5 мм для свай 1 и 2 типов армирования, и катетом 6 мм для свай 3 и 4 типов армирования – для проварки по контуру примыкания в закладных деталях выполнены соответствующие фаски.

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

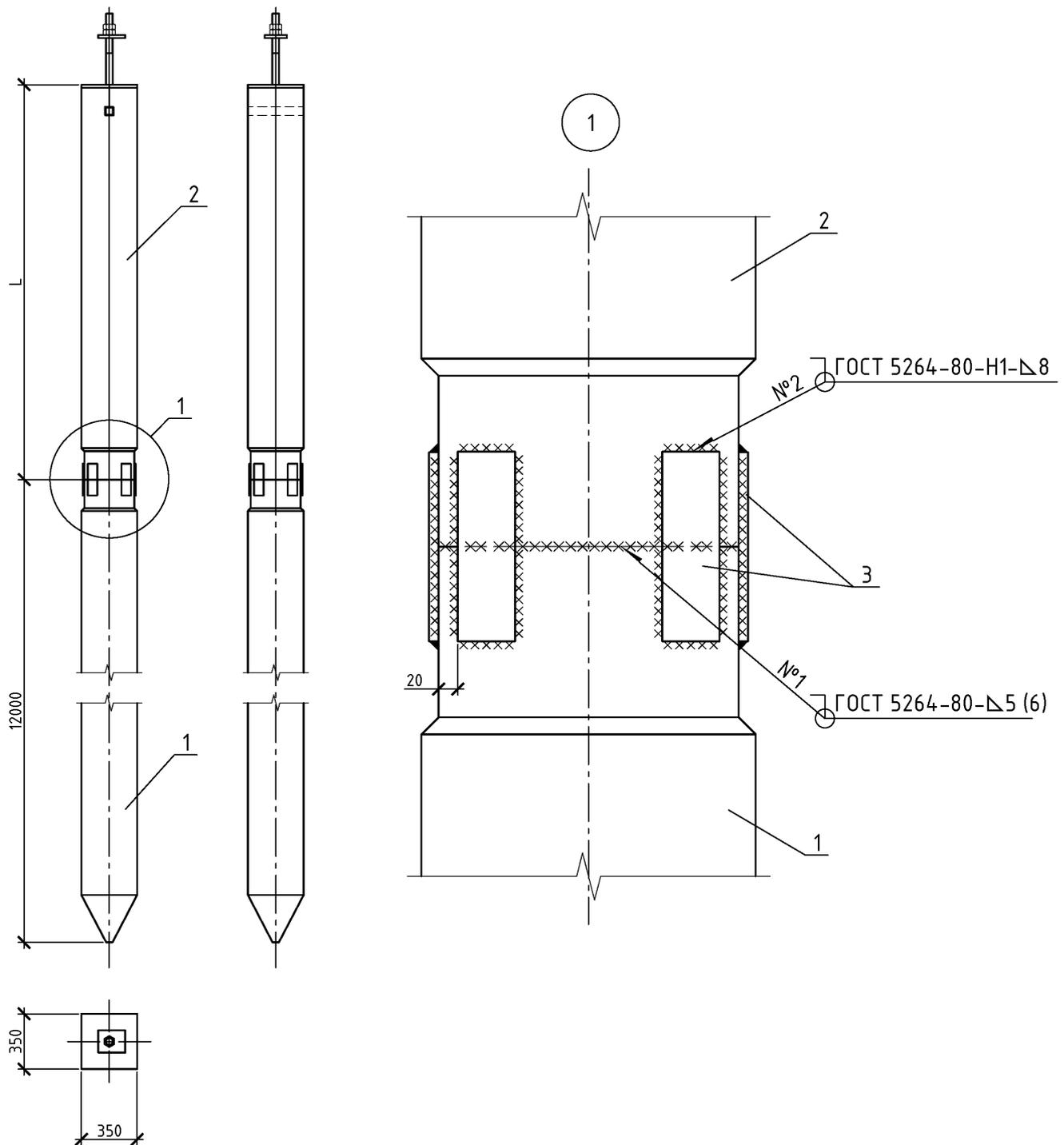
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.003.1.1ПЗ

Лист

4

Накладки М1 и М2 привариваются швом с катетом 8 мм. Схема составной сваи и сварного соединения приведены на рис. 4.1.



1 - нижняя секция; 2 – верхняя секция; 3 – накладки.

Рисунок 4.1 – Схема составной сваи и сварного соединения

Оголовки свай имеют конструкцию аналогичную сваям по серии 3.407.9-146, см. рис. 4.2.

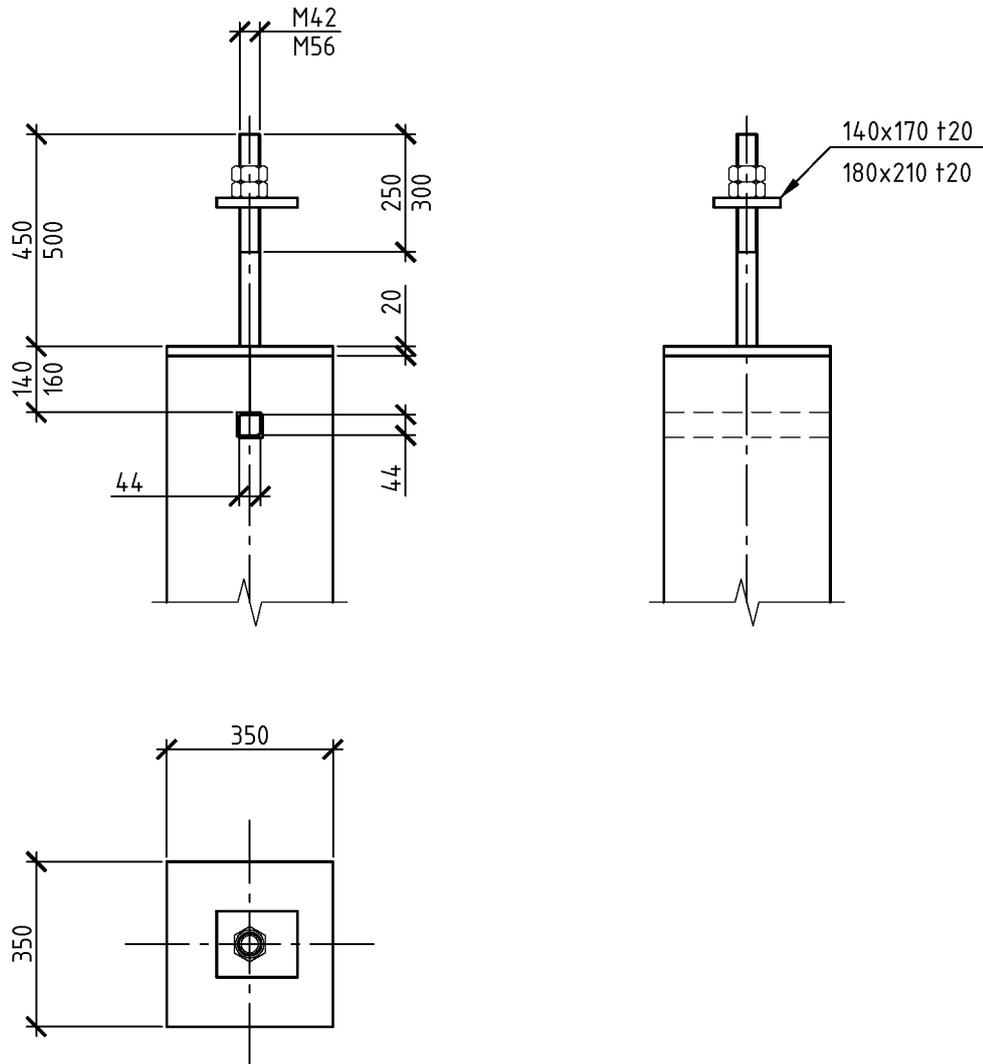
Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Лист

5



В числителе размеры для оголовка М3 для 1 и 2 типов армирования, в знаменателе размеры для оголовка М4 для 3 и 4 типов армирования.

Рисунок 4.2 – Схема оголовка свай

При необходимости непосредственного закрепления опоры на свае, допускается срезка шпильки и приварка оголовков М42, М43 по серии 3.407.9-146 или иного типа оголовка индивидуальной разработки.

Номенклатура свай приведена в таблице 4.1.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.003.1.1ПЗ

Лист

6

Таблица 4.1 – Номенклатура свай (начало)

№ п/п	Марка составной сваи	Марка секции		Закладная деталь оголовка		Марка накладок	Расход материалов		Масса, т
		нижней	верхней	марка	диаметр болта, мм		бетон, м ³	сталь, кг	
1	C35.13.1	C35.12.H.1	C35.1.B.1	M3	42	M1	1,55	310	4,19
2	C35.14.1		C35.2.B.1				1,68	329	4,52
3	C35.15.1		C35.3.B.1				1,80	346	4,84
4	C35.16.1		C35.4.B.1				1,92	364	5,17
5	C35.17.1		C35.5.B.1				2,04	381	5,49
6	C35.18.1		C35.6.B.1				2,17	399	5,81
7	C35.19.1		C35.7.B.1				2,29	417	6,14
8	C35.20.1		C35.8.B.1				2,41	434	6,46
9	C35.21.1		C35.9.B.1				2,53	451	6,78
10	C35.22.1		C35.10.B.1				2,66	469	7,11
11	C35.23.1		C35.11.B.1				2,78	487	7,43
12	C35.24.1		C35.12.B.1				2,90	504	7,76
13	C35.13.2	C35.12.H.2	C35.1.B.2	M3	42	M1	1,55	354	4,24
14	C35.14.2		C35.2.B.2				1,68	376	4,57
15	C35.15.2		C35.3.B.2				1,80	398	4,89
16	C35.16.2		C35.4.B.2				1,92	419	5,22
17	C35.17.2		C35.5.B.2				2,04	440	5,55
18	C35.18.2		C35.6.B.2				2,17	461	5,88
19	C35.19.2		C35.7.B.2				2,29	483	6,20
20	C35.20.2		C35.8.B.2				2,41	504	6,53
21	C35.21.2		C35.9.B.2				2,53	525	6,86
22	C35.22.2		C35.10.B.2				2,66	547	7,19
23	C35.23.2		C35.11.B.2				2,78	568	7,51
24	C35.24.2		C35.12.B.2				2,90	589	7,84

Подп. и дата

Изн. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изн. № подл.

22.003.1.1ПЗ

Лист

7

Изм Лист № докум. Подп. Дата

Таблица 4.1 – Номенклатура свай (окончание)

№ п/п	Марка составной сваи	Марка секции		Закладная деталь оголовка		Марка накладок	Расход материалов		Масса, т
		нижней	верхней	марка	диаметр болта, мм		бетон, м ³	сталь, кг	
25	C35.13.3	C35.12.H.3	C35.1.B.3	M4	56	M2	1,55	443	4,32
26	C35.14.3		C35.2.B.3				1,67	470	4,65
27	C35.15.3		C35.3.B.3				1,79	495	4,98
28	C35.16.3		C35.4.B.3				1,92	521	5,31
29	C35.17.3		C35.5.B.3				2,04	546	5,64
30	C35.18.3		C35.6.B.3				2,16	571	5,98
31	C35.19.3		C35.7.B.3				2,28	597	6,31
32	C35.20.3		C35.8.B.3				2,41	622	6,64
33	C35.21.3		C35.9.B.3				2,53	648	6,97
34	C35.22.3		C35.10.B.3				2,65	673	7,30
35	C35.23.3		C35.11.B.3				2,77	698	7,63
36	C35.24.3		C35.12.B.3				2,90	724	7,97
37	C35.13.4	C35.12.H.4	C35.1.B.4	M4	56	M2	1,55	525	4,40
38	C35.14.4		C35.2.B.4				1,67	560	4,74
39	C35.15.4		C35.3.B.4				1,79	590	5,08
40	C35.16.4		C35.4.B.4				1,92	623	5,42
41	C35.17.4		C35.5.B.4				2,04	655	5,75
42	C35.18.4		C35.6.B.4				2,16	687	6,09
43	C35.19.4		C35.7.B.4				2,28	720	6,43
44	C35.20.4		C35.8.B.4				2,41	752	6,77
45	C35.21.4		C35.9.B.4				2,53	785	7,11
46	C35.22.4		C35.10.B.4				2,65	817	7,45
47	C35.23.4		C35.11.B.4				2,77	849	7,79
48	C35.24.4		C35.12.B.4				2,90	882	8,12

Подп. и дата

Изнв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изнв. № подл.

22.003.1.1ПЗ

Лист

8

Изм Лист № докум. Подп. Дата

5 Материалы

Сваи изготавливаются из тяжёлого бетона по ГОСТ 26633. Класс бетона по прочности - В30. Марки бетона по морозостойкости F_1 и водонепроницаемости W должны указываться в заказе на сваи в зависимости от агрессивности среды эксплуатации и уровня ответственности сооружения в соответствии с СП 28.13330. В любом случае эти показатели должны быть не ниже F_{1200} и W_6 .

В качестве продольной арматуры применяется арматурная сталь А500С ГОСТ 34028. При расчётной температуре ниже минус 55°C применяется арматура класса Ас500С и А600 ГОСТ 34028 из стали марки 20Г2СФБА.

Распорки в арматурном каркасе выполняются из горячекатаной арматурной стали класса А240 ГОСТ 34028.

Спираль арматурного каркаса выполняется из арматурной проволоки периодического профиля класса Вр-1 по ГОСТ 6727.

Для монтажных петель применяется арматурная сталь класса А240 ГОСТ 340286 из стали марок Ст3сп или Ст3пс (с категориями нормируемых показателей не ниже 2 по ГОСТ 535). В случае, если монтаж конструкций возможен при расчётной температуре ниже минус 40°C , для монтажных петель не допускается применять сталь марки Ст3пс.

Материал закладных деталей свай – сталь строительная С245 по ГОСТ 27772, круглый прокат из стали Ст3пс4, Ст3сп4 ГОСТ 380.

При расчётной температуре в районе строительства $45^{\circ}\text{C} < t < -55^{\circ}\text{C}$ для всех стальных элементов, кроме круглого проката, следует использовать сталь С345, С355 ГОСТ 27772, для круглого проката – сталь 09Г2С ГОСТ 19281 класса прочности не менее 345. Показатель ударной вязкости KCV должен составлять не менее 34 Дж/см²/ при температуре испытаний на ударный изгиб -20°C .

При расчётной температуре в районе строительства $t \leq -55^{\circ}\text{C}$ для всех стальных элементов, кроме круглого проката, следует использовать сталь С345, С355 ГОСТ 27772, для круглого проката – сталь 09Г2С ГОСТ 19281. Показатель ударной вязкости KCV должен составлять не менее 34 Дж/см²/ при температуре испытаний на ударный изгиб -40°C .

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	22.003.1.1ПЗ	Лист
						9
						Изм

За расчётную температуру принимается температура наружного воздуха наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98.

Материал металлических конструкций опор должен быть указан в проекте конкретного объекта строительства и в заказе стали для него.

Сварка стальных конструкций по ГОСТ 14771 в среде углекислого газа.

Сварка арматуры по ГОСТ 14098. Электроды Э50А ГОСТ 9466 или сварочная проволока Св-08Г2С по ГОСТ 2246.

6 Защита от коррозии

Защита строительных конструкций от коррозии должна производиться в соответствии с СП 28.13330.2017 в зависимости от агрессивности среды эксплуатации.

В соответствии с ГОСТ 31384 приоритетной является первичная защита железобетона от коррозии. Для этого в каждом конкретном проекте следует назначать марки бетона по водонепроницаемости W и морозостойкости F_1 , а также марку цемента (например сульфатостойкий), обеспечивающие степень агрессивности среды как неагрессивная.

Защитный слой бетона принят 30 мм – аналогично сваям по сериям 3.407-115, 3.407.9-146. В соответствии с СП 63.13330.2018 п. 10.3.2 для конструкций из сборного железобетона, работающих в грунте, при величине защитного слоя менее 35 мм требуются дополнительные защитные мероприятия. Таким дополнительным защитным мероприятием может быть повышение марки по водонепроницаемости бетона W на ступень.

Закладные детали МЗ, М4 оголовков свай защищаются от коррозии методом горячего цинкования по ГОСТ 9.307 толщиной 60-100 мкм.

Пример назначения марки по водонепроницаемости.

В соответствии с данными инженерно-геологических изысканий степень агрессивности среды к бетону нормальной проницаемости (W_4) определена как среднеагрессивная, тогда к бетону с W_6 степень агрессивности среды будет

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	22.003.1.1ПЗ	Лист
						10
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

амортизирующих прокладок. Верхняя выемка наголовника выполняется круглой в плане и глубиной 100-150 мм при паровоздушных молотах и 200-300 мм при дизель-молотах. В верхнюю выемку вставляется верхний амортизатор, роль которого заключается в снижении динамических нагрузок как на молот, так и на сам наголовник. Диаметр верхней выемки в наголовниках под трубчатый дизель-молот назначается на 10-15 мм больше диаметра шабота, а для наголовников под паровоздушный молот - не больше наименьшего размера торцевой част молота.

Бетонные сваи можно забивать только при наличии амортизирующего слоя между сваей и сваебойным молотом.

Использование прокладок между сваебойным молотом и сваей дает следующие результаты, проявляющиеся вместе или по отдельности.

- поглощение ударной силы в случае с деликатными сваями;
- защита свай от разрушения при твердом грунте;
- как можно более равномерное распределение и передача ударной силы через прокладки в наголовники и сваи;
- увеличение времени силового воздействия, благодаря сохранению энергии удара в прокладке;
- увеличение срока службы наголовника.

Верхнюю прокладку следует изготавливать из обрезка ствола дерева твердой породы (дуб, бук, граб, клен, комлевая часть сосны) с прямыми вертикально расположенными волокнами и строго перпендикулярным к оси торцом или из современных материалов (полимерные, резино-металлические).

Верхнюю прокладку возможно изготовить из стального троса. Такие прокладки имеют долгий срок службы, но являются очень тяжёлыми, особенно если используется сплошной трос. Степень ударного воздействия высокая, упругость слабая – наголовник и свая подвергаются сильному ударному воздействию. Для таких прокладок используется трос диаметром 25-30 мм. Для прокладок из стального троса требуется стальная пластина, а также промежуточные стальные пластины. Первый слой отрезков троса устанавливается в одном направлении, второй слой в перпендикулярном направлении, а третий – в

Инт. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инт. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Лист

12

том же, что и первый слой. Нарезка троса должна осуществляться газовой горелкой, чтобы концы троса не разматывались.

Высота верхнего амортизатора назначается в зависимости от веса ударной части молота и должна быть: для трубчатых дизель-молотов с массой ударной части 1250, 1800, 2500, 3500 и 5000 кг не менее 150 - 250 мм соответственно, для паровоздушных молотов - не менее 250-300 мм, причем в первом случае верхняя полость амортизатора должна быть не менее чем на 50 мм ниже верхней кромки бортов выемки наголовника для фиксации последним положения шабота молота. Для паровоздушных молотов, наоборот, амортизатор должен выступать под бортами верхней выемки наголовника на 150-200 мм. С целью уменьшения размочаливания верхнего амортизатора в последнем случае верхний конец амортизатора укрепляют стальным кольцом (бугелем). В зависимости от типа применяемого паровоздушного молота в верхнем амортизаторе устраивают выемку глубиной 30-40 мм под шток или упорную лапу молота.

Нижнюю прокладку между головой сваи и наголовником следует изготавливать из древесины хвойных пород. Волокно древесины всегда должно быть направлено горизонтально. В зависимости от свойств грунта, мягкого или твёрдого, и общей продолжительности работ толщина амортизирующего слоя варьируется от 50 до 150 мм. Для твёрдого грунта и продолжительного забивания сваи толщина амортизирующего слоя назначается 100-150 мм. Подкладки, сделанные из натуральной или синтетической резины, также зарекомендовали себя в эксплуатации при не очень тяжелых условиях. Но они значительно дороже деревянных подкладок.

Инт. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
22.003.1.1ПЗ				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
				Лист
				13

9 Расчёты, подтверждающие работоспособность и надёжность конструкций

9.1 Сваи первого типа армирования

Сваи первого типа армирования армируются 8 стержнями 18А500С ГОСТ 34028 (см. рис. 9.1.1) на всей длине, за исключением нижнего участка длиной 2 м, на котором армирование производится 4 стержнями 18А500С ГОСТ 34028 по углам поперечного сечения. Бетон В30 ГОСТ 26633. Защитный слой бетона составляет 30 мм.

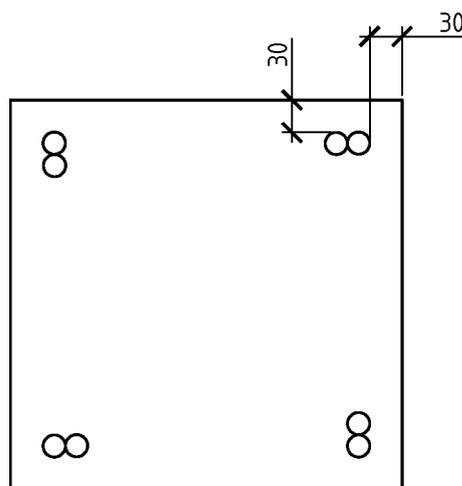


Рисунок 9.1.1 – Схема армирования свай

Несущая способность поперечного сечения свай рассчитана в соответствии с СП 63.13330.2018 в программе АРБАТ расчётного комплекса SCAD Office. Методом подбора определены:

- допускаемый изгибающий момент M_y при продольной силе $N=0$;
- допускаемая поперечная сила Q_z при отсутствии поперечной арматуры.

Рассчитаны кривые взаимодействия $N - M_y$. При сочетании усилий $N - M_y$, находящемся внутри закрашенной зоны несущая способность поперечного сечения и трещиностойкость сваи обеспечены.

Расчёт поперечного сечения свай с армированием 8 стержнями 18А500С

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

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

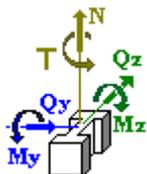
Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата

Изн.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

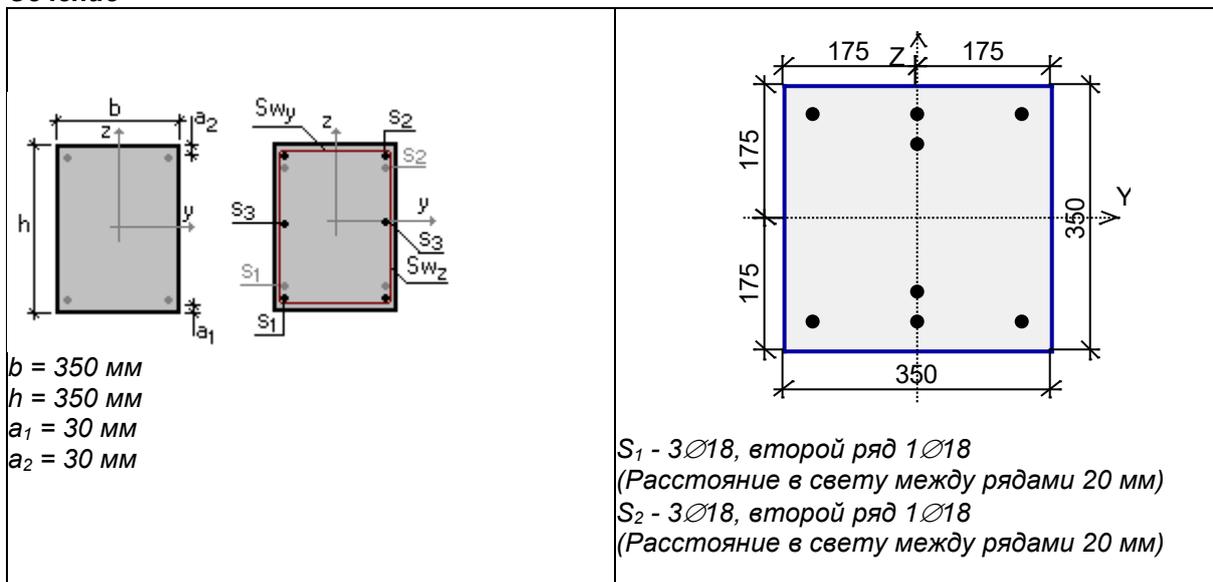
22.003.1.1ПЗ

Лист

14



Сечение



Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	Отсутствует	1

Бетон

Вид бетона: Тяжелый
Класс бетона: В30

Коэффициенты условий работы бетона		
γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	1
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - более 75%

Трещиностойкость

Ограниченная ширина раскрытия трещин
Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры
Допустимая ширина раскрытия трещин:
Непродолжительное раскрытие 0,4 мм
Продолжительное раскрытие 0,3 мм

Результаты расчета по комбинациям загружений

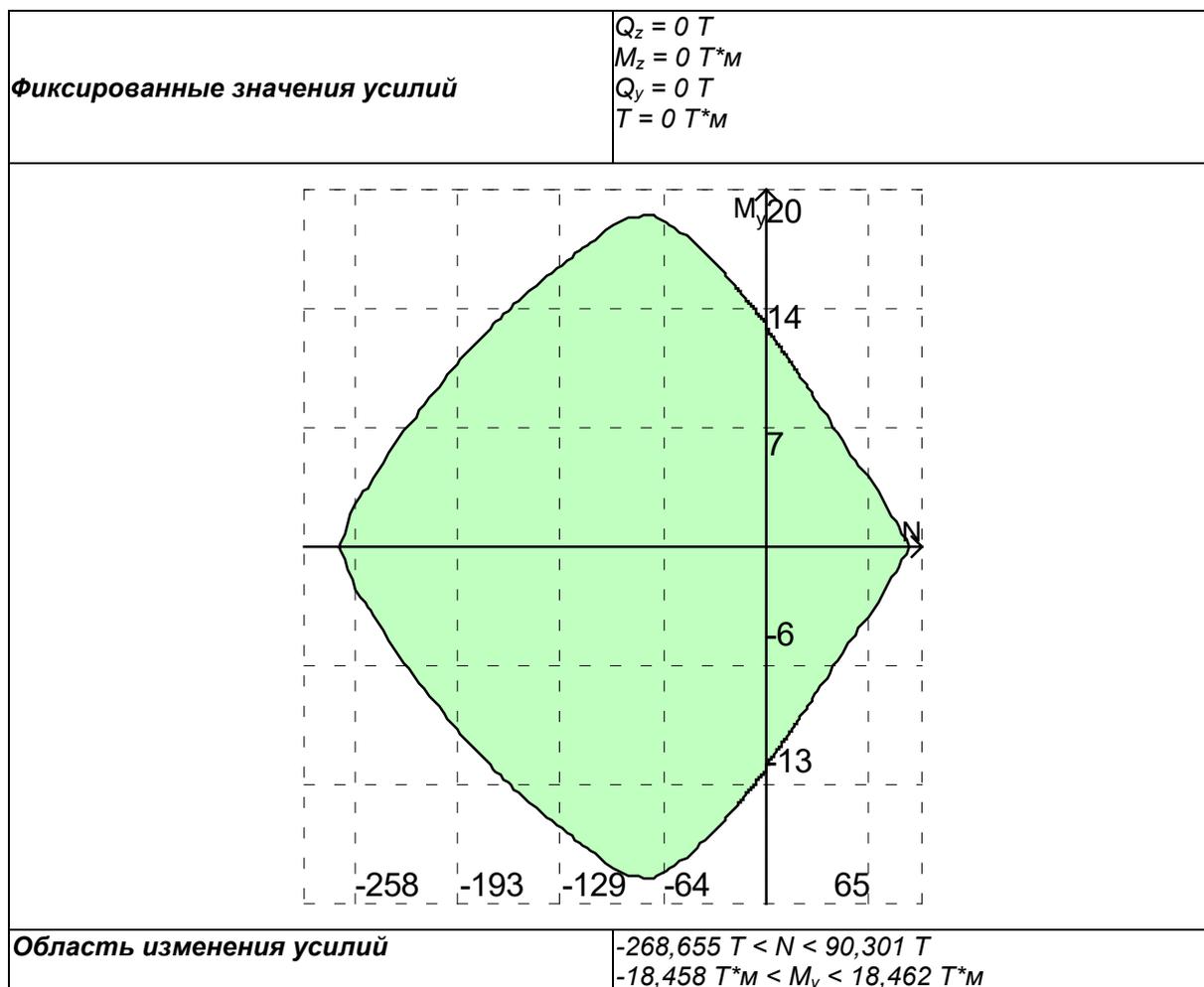
	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмическая	Особая
	T	T^*M	T	T^*M	T	T^*M					
1	0	12,3	6,1	0	0	0	1,3	0	+		

Изн. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Изн. № дубл.	Подп. и дата

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	Прочность по предельному моменту сечения	0,989
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0,723
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0,354
пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0,86
пп. 8.1.32, 8.1.34	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0,11
пп. 8.1.33, 8.1.34	Прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры	0,971

Коэффициент использования 0,989 - Прочность по предельному моменту сечения

Кривые взаимодействия при армировании 8 стержнями 18A500С:



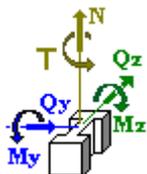
Расчёт поперечного сечения свай с армированием 4 стержнями 18A500С

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$
 Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) 1

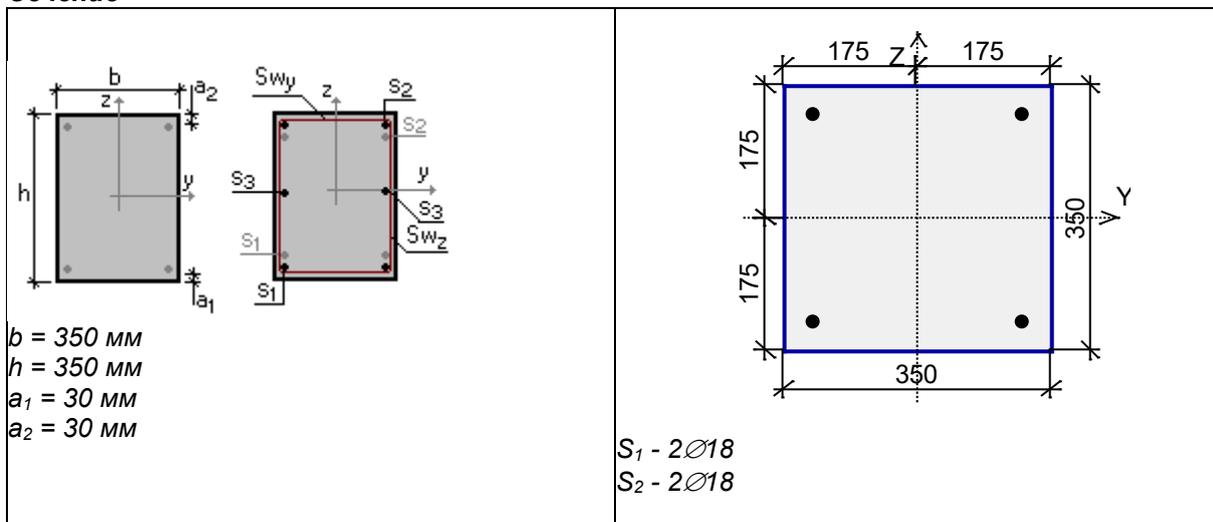
Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Индв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ



Сечение



Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	Отсутствует	1

Бетон

Вид бетона: Тяжелый

Класс бетона: В30

Коэффициенты условий работы бетона		
γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	1
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - более 75%

Трещиностойкость

Ограниченная ширина раскрытия трещин

Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры

Допустимая ширина раскрытия трещин:

Непродолжительное раскрытие 0,4 мм

Продолжительное раскрытие 0,3 мм

Результаты расчета по комбинациям загружений

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмическая	Особая
	T	T^*M	T	T^*M	T	T^*M					
1	0	6,5	6,1	0	0	0	1,3	0	+		

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	Прочность по предельному моменту сечения	0,987

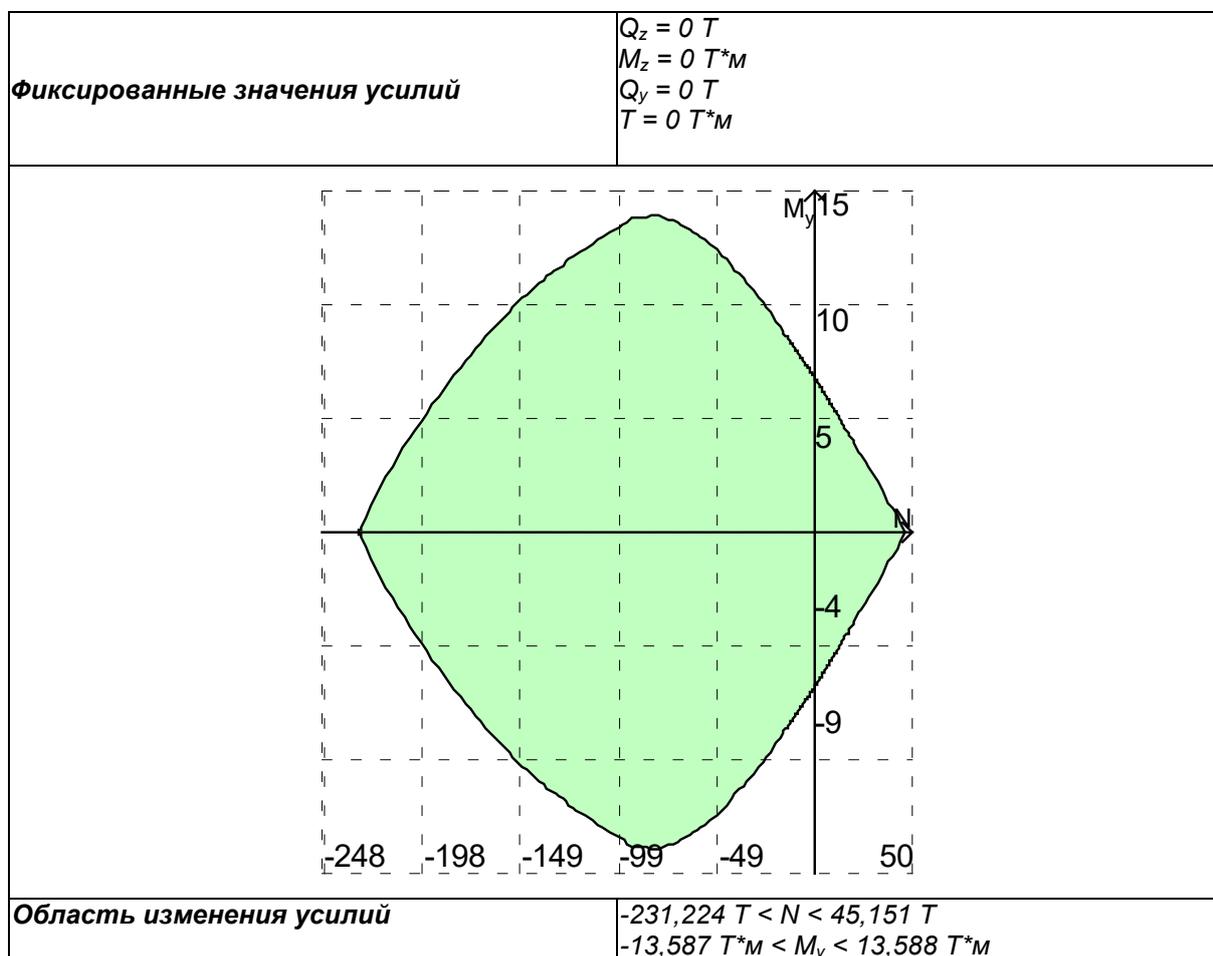
Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

22.003.1.1ПЗ

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0,448
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0,286
пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0,792
пп. 8.1.32, 8.1.34	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0,108
пп. 8.1.33, 8.1.34	Прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры	0,956

Коэффициент использования 0,987 - Прочность по предельному моменту сечения

Кривые взаимодействия при армировании 4 стержнями 18A500С:



Приварка арматуры к закладным деталям М5 (в месте стыковки свай) производится швами Н1-Рш ГОСТ 14098-2014 электродами Э50А ГОСТ 9466. Длина сварного шва для арматуры 18A500С должна составлять не менее $4d_n = 4 \cdot 18 = 72$ мм. Суммарная длина четырёх сварных швов для двух арматурных

Инва. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инва. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Лист

18

стержней в пакете должна составлять $72 \cdot 4 = 288$ мм. Конструктивно арматурные стержни привариваются к закладным деталям М5 тремя сварными швами (№№ 1, 2, 3) и одним швом (№ 4) свариваются между собой (см. рис. 9.1.2), длина каждого из которых должна составлять не менее $288/3 = 96$ мм. Длина сварных швов приварки арматурных стержней к закладным деталям М5 принимается 115 мм. Порядок наложения сварных швов соответствует номеру сварного шва, см. рис. 9.1.2.

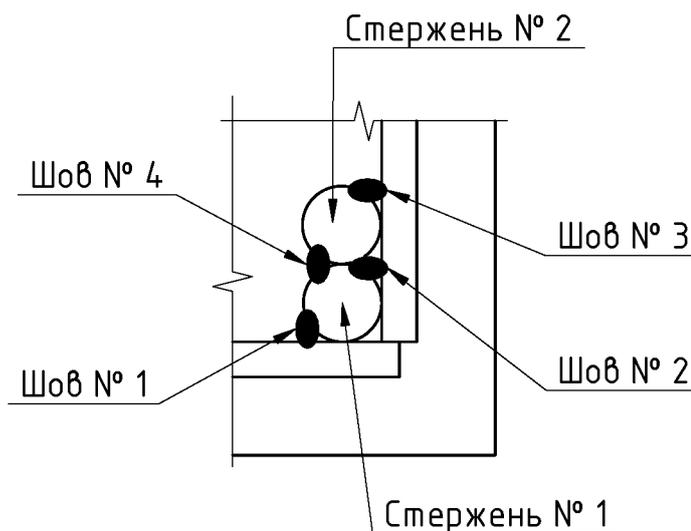


Рисунок 9.1.2 – Схема приварки арматурных стержней к закладным деталям М5

В оголовке сваи расположена шпилька М42 закладной детали М3. Шпилька М42 выполнена из стали Ст3 ГОСТ 380. Шпилька М42 может быть выполнена из стали 09Г2С ГОСТ 19281.

Несущая способность шпильки М42 из стали Ст3 на растяжение составляет:

$$N_{bt} = R_{ba} \cdot A_{bn} \cdot \gamma_c = 180 \cdot 1120 \cdot 1,0 = 201600 \text{ Н} = 20,55 \text{ т},$$

где R_{ba} – расчётное сопротивление растяжению фундаментных болтов, 180 МПа – для стали Ст3, 230 МПа – для стали 09Г2С;

A_{bn} – площадь сечения болта нетто, 11,2 см²;

γ_c – коэффициент условий работы, 1,0.

Несущая способность шпильки М42 из стали 09Г2С на растяжение составляет:

$$N_{bt} = R_{ba} \cdot A_{bn} \cdot \gamma_c = 230 \cdot 1120 \cdot 1,0 = 257600 \text{ Н} = 26,26 \text{ т}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	22.003.1.1ПЗ	Лист

Закладная деталь МЗ (см. рис. 9.1.3) в оголовке сваи анкеруется в бетоне при помощи 8 стержней 20А500С ГОСТ 34028. Анкерные стержни приварены швом Н1-Рш ГОСТ 14098 электродами Э50А ГОСТ 9466.

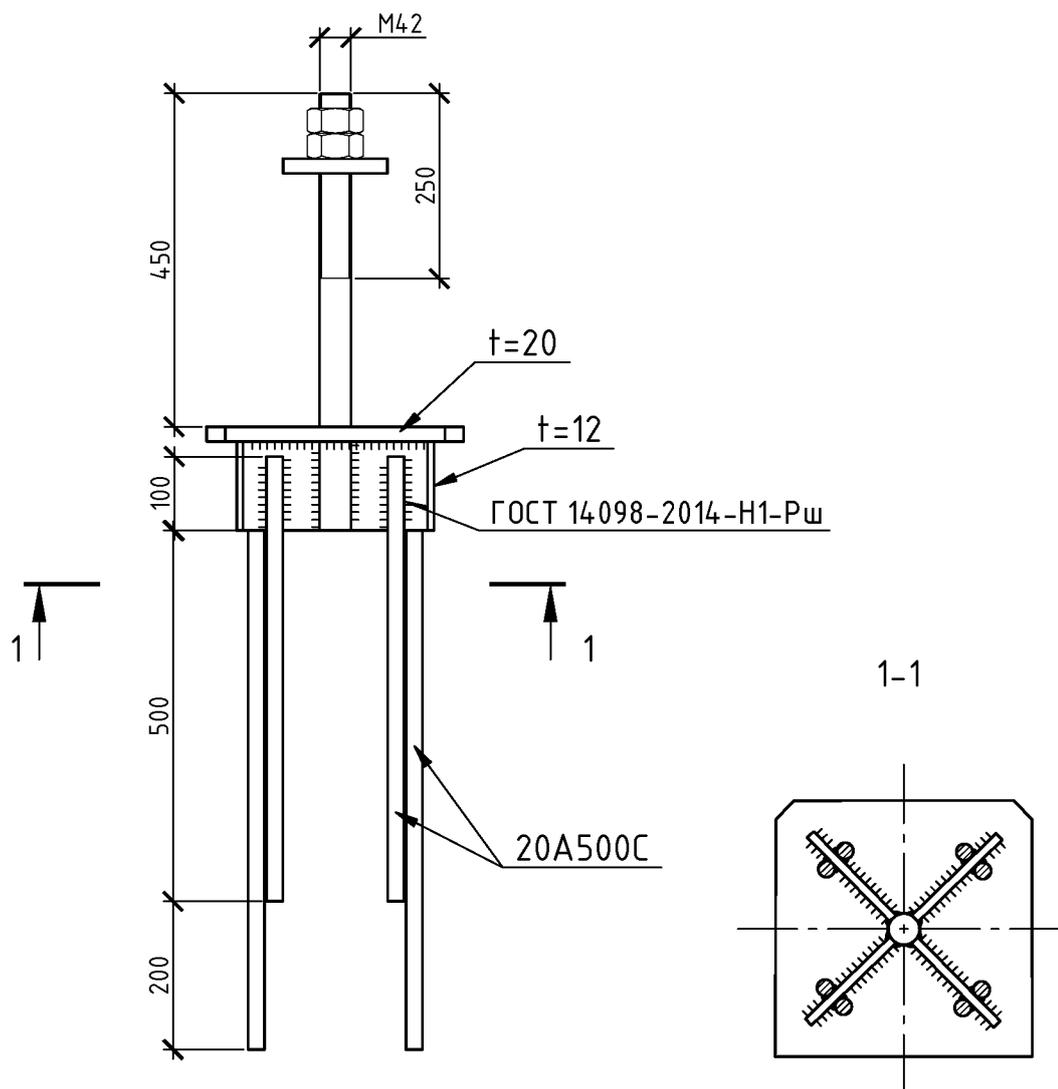


Рисунок 9.1.3 – Закладная деталь МЗ

Несущая способность анкерных стержней на растяжение составляет:

$$N = n \cdot A_s \cdot R_s = 8 \cdot 3,142 \cdot 4,43 = 111,35 \text{ т,}$$

где n – количество арматурных стержней, 8;

A_s – площадь поперечного сечения арматурного стержня, 3,142 см²;

R_s – расчётное сопротивление арматуры, 435 МПа=4,43 т/см².

Длина анкерных стержней в бетоне составляет: 4 стержня - 500 мм, 4 стержня 700 мм. В расчёт принимается длина анкеровки 500 мм.

Инва. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инва. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Лист

20

Базовая (основная) длина анкеровки, необходимая для передачи усилия в арматуре с полным расчетным значением сопротивления R_s на бетон, определяется по формуле:

$$l_{0,an} = \frac{R_s A_s}{R_{bond} u_s}$$

где R_s – расчётное сопротивление арматуры, 435 МПа=4,43 т/см²;

A_s - площадь поперечного сечения арматурного стержня, 3,142 см²;

R_{bond} – расчетное сопротивление сцепления арматуры с бетоном, принимаемое равномерно распределенным по длине анкеровки;

u_s – периметр поперечного сечения арматурного стержня, 6,28 см.

$$R_{bond} = \eta_1 \eta_2 R_{bt} = 2,5 * 1,0 * 1,15 = 2,875 \text{ МПа,}$$

где $\eta_1 = 2,5$ для горячекатаной арматуры периодического профиля;

$\eta_2 = 1,0$ – при диаметре арматуры $d_s \leq 32$ мм.

$$l_{0,an} = \frac{435 \cdot 3,142}{2,875 \cdot 6,28} = 75,7 \text{ см.}$$

Усилие, воспринимаемое анкеруемым стержнем арматуры:

$$N_s = R_s A_s \frac{l_s}{\alpha_1 l_{0,an}} = 4,43 \cdot 3,142 \cdot \frac{50}{75,7} = 9,2 \text{ т.}$$

Усилие, воспринимаемое всеми восемью анкерными стержнями арматуры закладной детали МЗ: $8 * 9,2 = 73,6$ т.

Схема сварки секций свай первого типа армирования представлена на рис. 9.1.4.

Инт. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инт. № дубл.	Подп. и дата	22.003.1.1ПЗ	Лист
						21
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

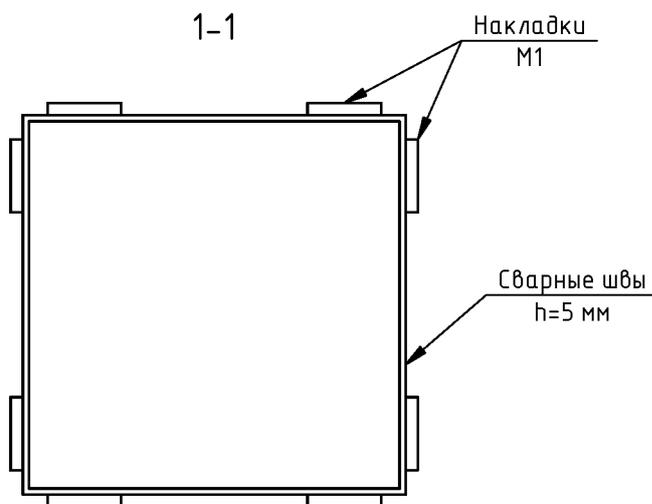
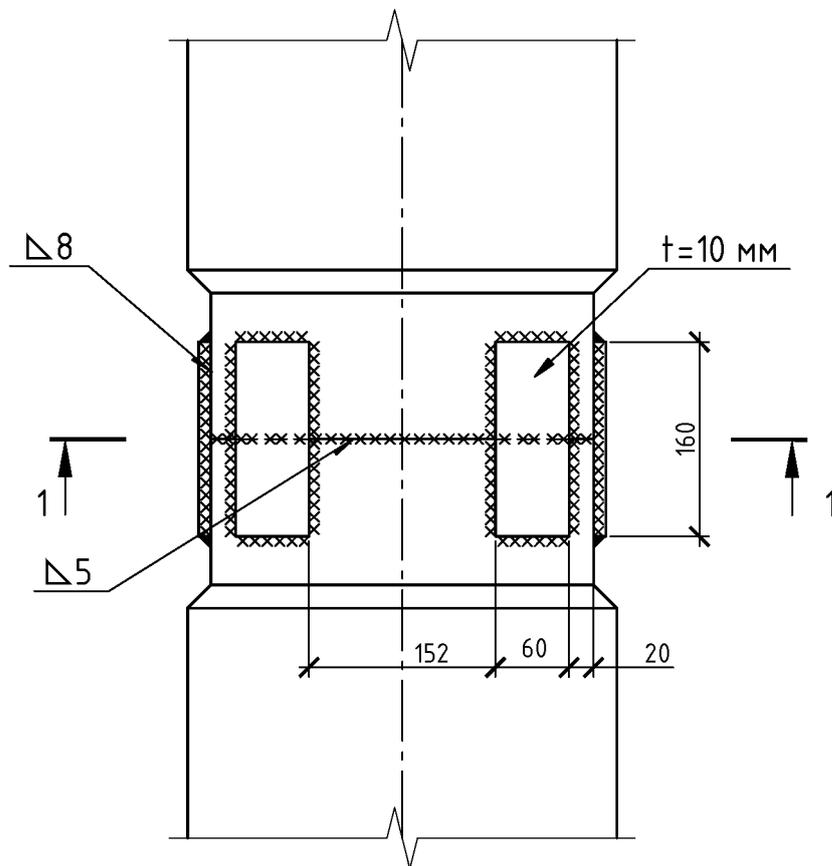


Рисунок 9.1.4 – Схема сварки секций свай первого типа армирования

Соединение секций свай выполняется при помощи сварки по контуру касания секций высотой шва 5 мм, а также приварки накладок М1. Закладные детали и накладки выполнены из стали С245 ГОСТ 27772-2021. Сварка производится электродами Э50А ГОСТ 9466-75. Временное сопротивление металла сварных швов $R_{wun}=490$ МПа превышает временное сопротивление

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

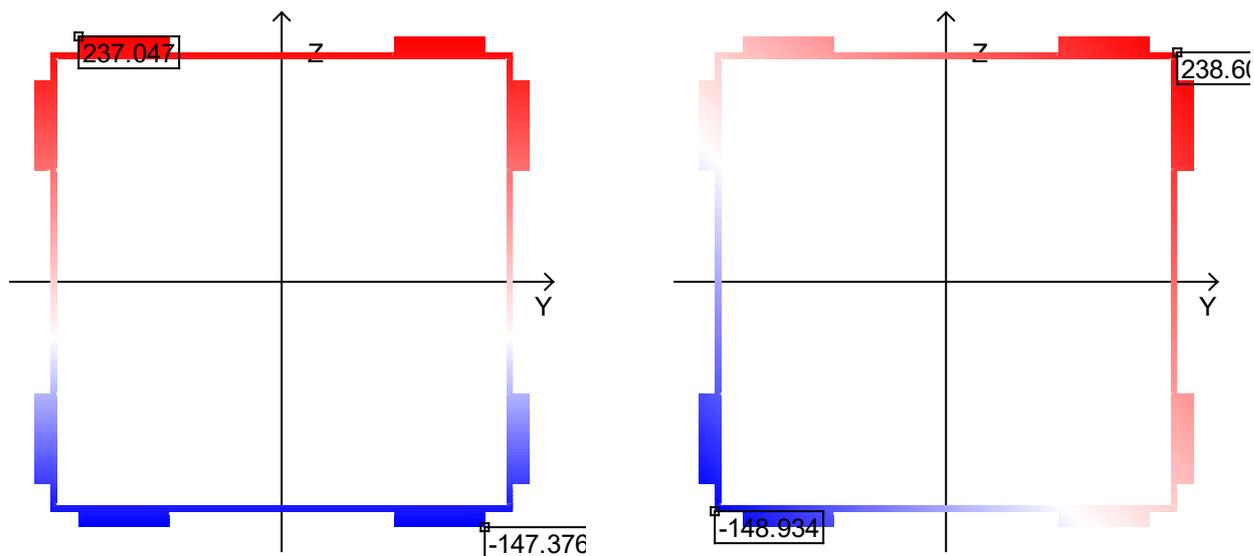
22.003.1.1ПЗ

Лист

22

металла закладных деталей и накладок $R_{un}=370$ МПа – расчётное сопротивление металла в поперечном сечении сварного соединения принимается по металлу закладных деталей и накладок $R_y=240$ МПа.

Нормальные напряжения в узле соединения секций свай рассчитаны в программе Конструктор сечений расчётного комплекса SCAD Office. Принятое (максимально допускаемое) в расчёте сочетание усилий в сечении и распределение нормальных напряжений представлено на рис. 9.1.5:



$$\begin{aligned} M_z &= 0 \text{ Т*М} \\ M_v &= 22 \text{ Т*М} \\ N &= 50 \text{ Т} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_z &= 11,8 \text{ Т*М} \\ M_v &= 11,8 \text{ Т*М} \\ N &= 50 \text{ Т} \end{aligned}$$

Рисунок 9.1.5 – Принятое в расчёте сочетание усилий в сечении узла стыковки и распределение напряжений, МПа

Нормальные напряжения в соединении секций свай при принятых сочетаниях усилий (см. рис. 9.1.5) не превышают расчётного сопротивления стали $R_y=240$ МПа.

Несущая способность накладки М1 из стали С245 с расчётным сопротивлением $R_y=240$ МПа = 2,44 т/см² на растяжение-сжатие составляет:

$$1,0 * 6,0 * 2,44 = 14,64 \text{ т.}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата				22.003.1.1ПЗ	Лист
Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Изм	Лист	№ докум.		Подп.
						23

Расчёт сварного соединения накладок М1 с угловыми швами, при действии силы N , проходящей через центр тяжести соединения, выполняется на срез (условный) по металлу шва, так как:

$$\frac{\beta_f R_{wf}}{\beta_z R_{wz}} = \frac{0,7 \cdot 215}{1,0 \cdot 166} = \frac{150}{166} < 1,0$$

где R_{wf} – расчётное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу шва, $215 \text{ МПа} = 2,19 \text{ т/см}^2$;

R_{wz} – расчётное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу границы сплавления, $R_{wz} = 0,45 R_{un} = 0,45 \cdot 370 = 166 \text{ МПа} = 1,69 \text{ т/см}^2$;

β_f, β_z – коэффициенты, принимаемые по таблице 39 СП 16.13330.

Несущая способность сварных швов накладок по металлу шва обеспечивается, если выполняется условие:

$$\frac{N}{\beta_f k_f l_w R_{wf} \gamma_c} < 1,0,$$

где $N = 14,64 \text{ т}$ – несущая способность накладки на растяжение-сжатие;

k_f – катет сварного шва, 8 мм ;

l_w – расчётная длина сварного шва, равная суммарной длине всех его участков за вычетом по 1 см на каждом непрерывном участке шва, 18 см .

$$\frac{N}{\beta_f k_f l_w R_{wf} \gamma_c} = \frac{14,64}{0,7 \cdot 0,8 \cdot 18 \cdot 2,19 \cdot 1,0} = 0,66 < 1$$

- несущая способность сварных швов накладки обеспечена.

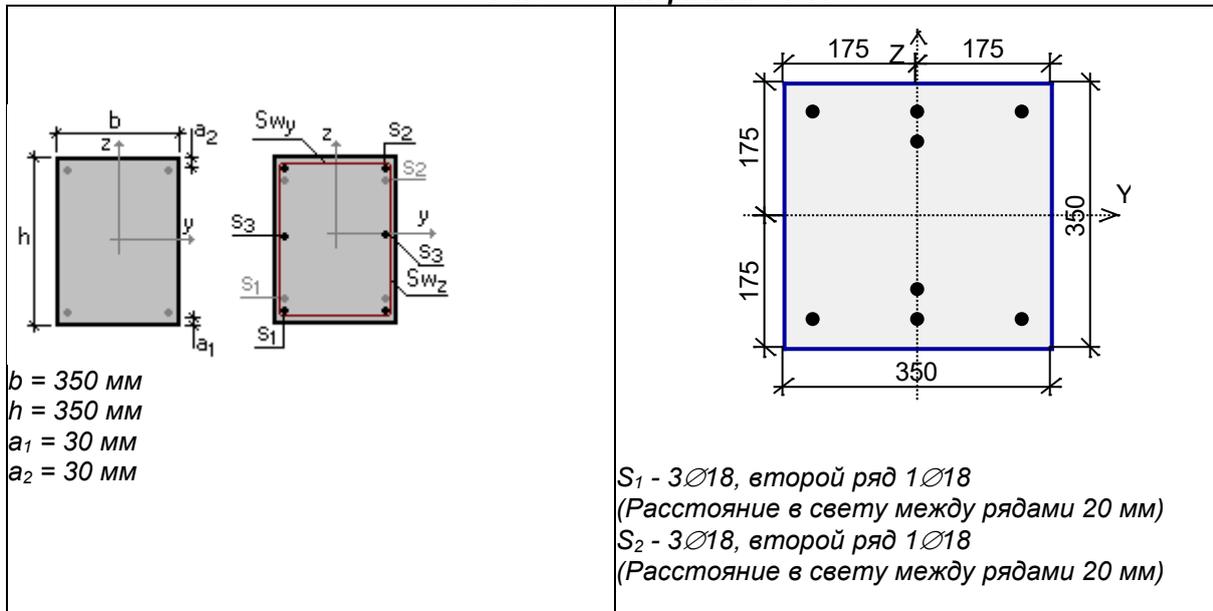
Справочная информация по геометрическим характеристикам сечений свай

Сваи первого типа армирования армируются 8 стержнями 18А500С ГОСТ 34028-2016 (см. рис. 9.1.1) на всей длине, за исключением нижнего участка длиной 2 м , на котором армирование производится 4 стержнями 18А500С ГОСТ 34028-2016 по углам поперечного сечения. Бетон В30 ГОСТ 26633-2015. Защитный слой бетона составляет 30 мм .

Инт. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инт. № дубл.
Подп. и дата	
Инт. № подл.	

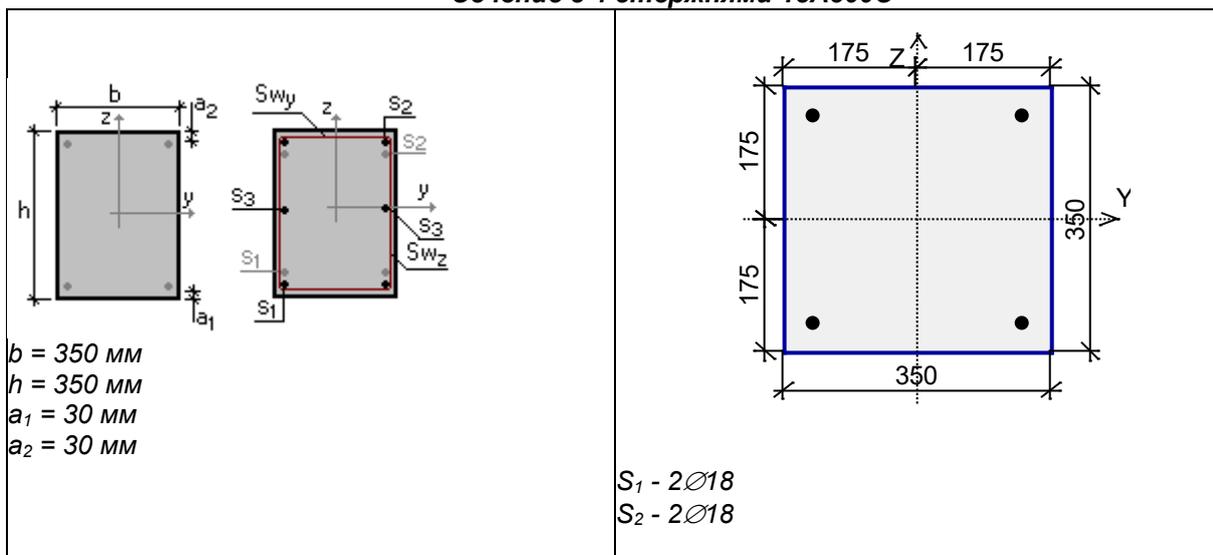
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	22.003.1.1ПЗ	Лист
						24

Сечение с 8 стержнями 18А500С



A_{red}	Площадь приведенного сечения	1329.932	см ²
I_{red}	Момент инерции приведенного сечения	142131.841	см ⁴

Сечение с 4 стержнями 18А500С



A_{red}	Площадь приведенного сечения	1277.466	см ²
I_{red}	Момент инерции приведенного сечения	134758.285	см ⁴

Инвар. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инвар. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

9.2 Сваи второго типа армирования

Сваи второго типа армирования армируются 8 стержнями 20А500С ГОСТ 34028 (см. рис. 9.2.1) на всей длине, за исключением нижнего участка длиной 2 м, на котором армирование производится 4 стержнями 20А500С ГОСТ 34028 по углам поперечного сечения. Бетон В30 ГОСТ 26633. Защитный слой бетона составляет 30 мм.

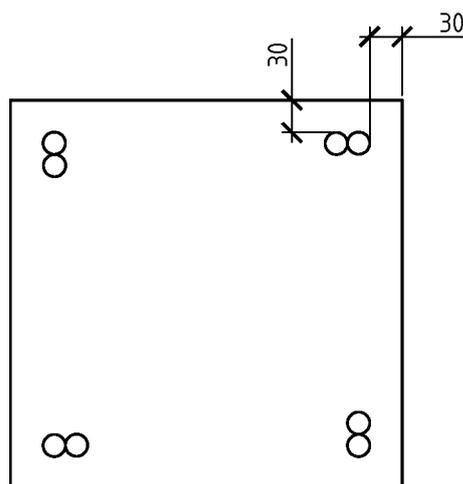


Рисунок 9.2.1 – Схема армирования свай

Несущая способность поперечного сечения свай рассчитана в соответствии с СП 63.13330 в программе АРБАТ расчётного комплекса SCAD Office. Методом подбора определены:

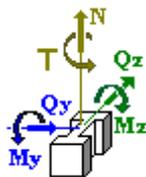
- допускаемый изгибающий момент M_y при продольной силе $N=0$;
- допускаемая поперечная сила Q_z при отсутствии поперечной арматуры.

Рассчитаны кривые взаимодействия $N - M_y$. При сочетании усилий $N - M_y$, находящемся внутри закрашенной зоны несущая способность поперечного сечения и трещиностойкость свай обеспечены.

Расчёт поперечного сечения свай с армированием 8 стержнями 20А500С

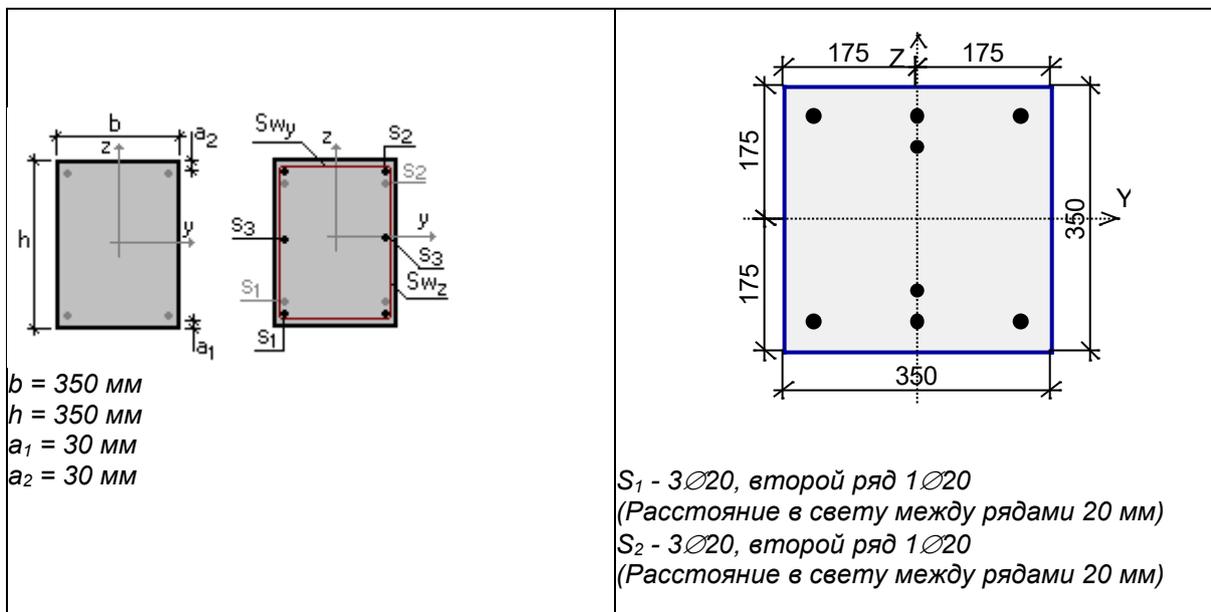
Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

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



Сечение

Инвар. № дубл.	Подп. и дата				22.003.1.1ПЗ	Лист	
Взам. инв. №	Подп. и дата					26	
Инвар. № дубл.	Инвар. №	Инвар. № подл.	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	Отсутствует	1

Бетон

Вид бетона: Тяжелый

Класс бетона: В30

Коэффициенты условий работы бетона

γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	1
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - более 75%

Трещиностойкость

Ограниченная ширина раскрытия трещин

Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры

Допустимая ширина раскрытия трещин:

Непродолжительное раскрытие 0.4 мм

Продолжительное раскрытие 0.3 мм

Дополнительные коэффициенты условий работы

Коэффициент понижающий расчетное сопротивление	1
--	---

Результаты расчета по комбинациям загружений

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмическая	Особая
	T	T^*M	T	T^*M	T	T^*M					
1	0	15	6.1	0	0	0	1.3	0	+		

22.003.1.1ПЗ

Лист

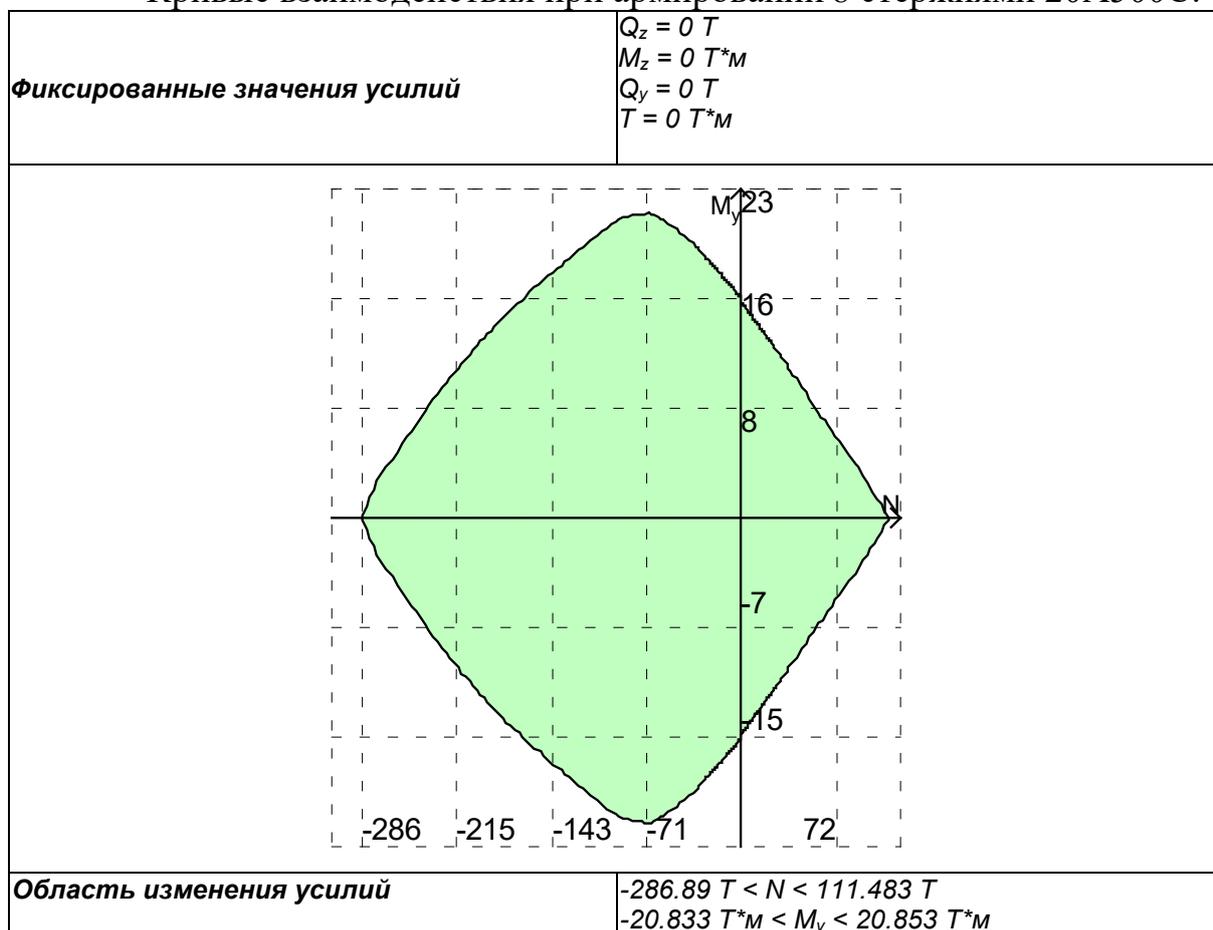
27

Изм Лист № докум. Подп. Дата

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	Прочность по предельному моменту сечения	0.996
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0.891
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0.424
пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0.87
пп. 8.1.32, 8.1.34	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0.11
пп. 8.1.33, 8.1.34	Прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры	0.975

Коэффициент использования 0.996 - Прочность по предельному моменту сечения

Кривые взаимодействия при армировании 8 стержнями 20A500С:



Расчёт поперечного сечения свай с армированием 4 стержнями 20A500С

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

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

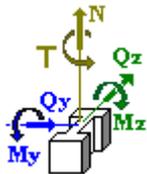
Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

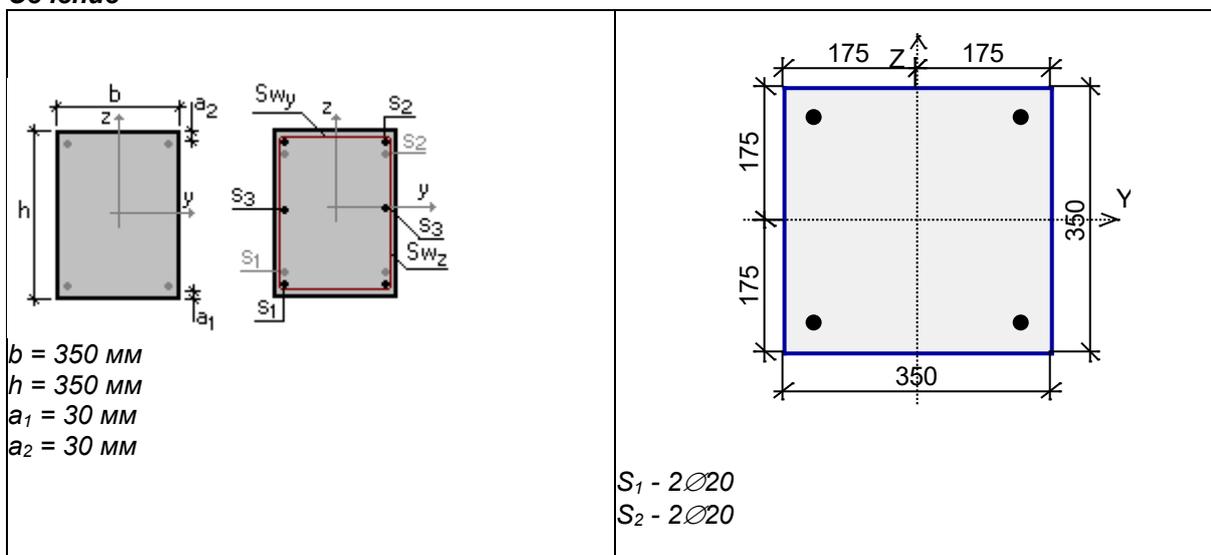
22.003.1.1ПЗ

Лист

28



Сечение



Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	Отсутствует	1

Бетон

Вид бетона: Тяжелый

Класс бетона: В30

Коэффициенты условий работы бетона

γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	1
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - более 75%

Трещиностойкость

Ограниченная ширина раскрытия трещин

Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры

Допустимая ширина раскрытия трещин:

Непродолжительное раскрытие 0.4 мм

Продолжительное раскрытие 0.3 мм

Дополнительные коэффициенты условий работы

Коэффициент понижающий расчетное сопротивление	1
--	---

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Лист

29

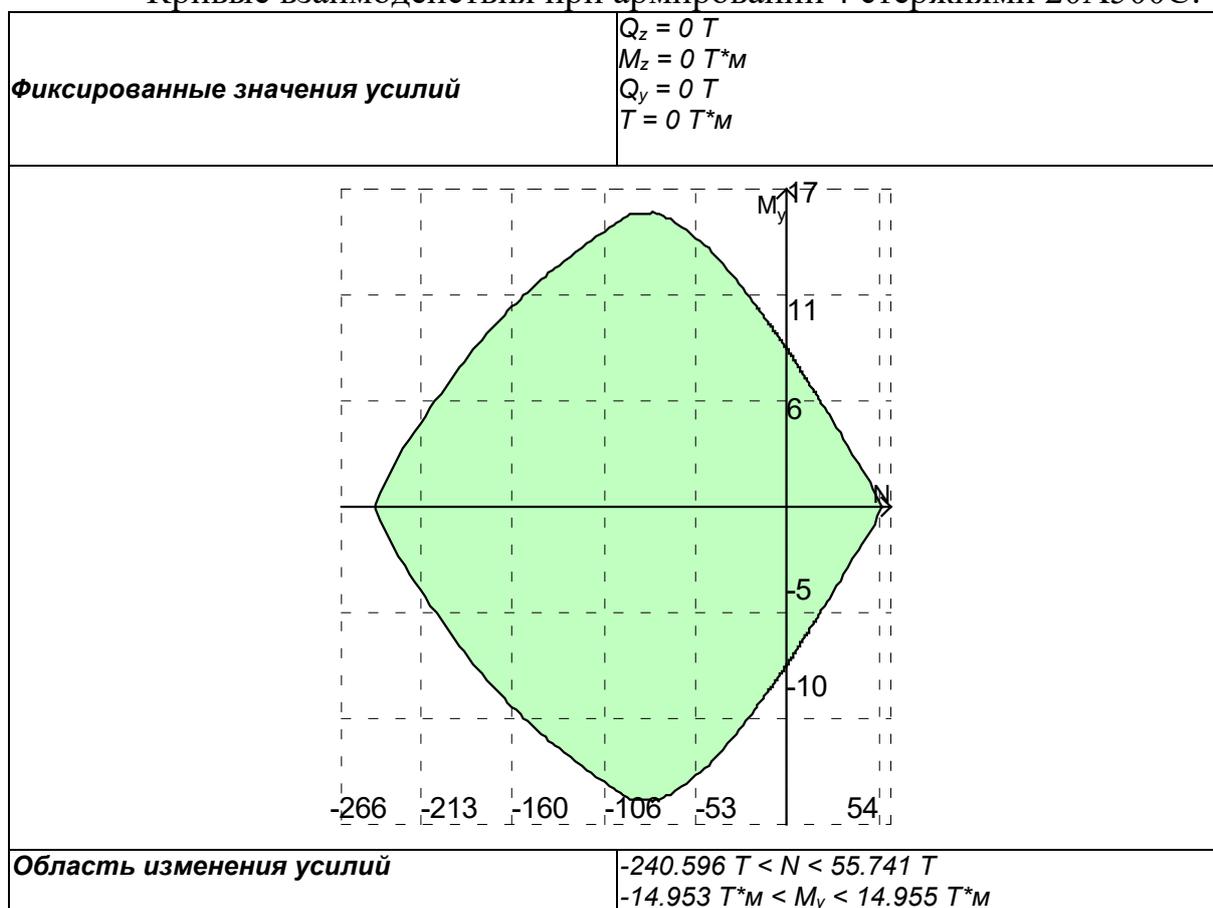
Результаты расчета по комбинациям загружений

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмика	Особая
	T	T^*M	T	T^*M	T	T^*M					
1	0	7.9	6.1	0	0	0	1.3	0	+		

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	Прочность по предельному моменту сечения	0.988
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0.446
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0.238
пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0.799
пп. 8.1.32, 8.1.34	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0.108
пп. 8.1.33, 8.1.34	Прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры	0.959

Коэффициент использования 0.988 - Прочность по предельному моменту сечения

Кривые взаимодействия при армировании 4 стержнями 20A500C:



Инва. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Лист

30

Приварка арматуры к закладным деталям М5 (в месте стыковки свай) производится швами Н1-Рш ГОСТ 14098-2014 электродами Э50А ГОСТ 9466. Длина сварного шва для арматуры 20А500С должна составлять не менее $4d_n=4*20=80$ мм. Суммарная длина четырёх сварных швов для двух арматурных стержней в пакете должна составлять $80*4=320$ мм. Конструктивно арматурные стержни привариваются к закладным деталям М5 тремя сварными швами (№№ 1, 2, 3) и одним швом (№ 4) свариваются между собой (см. рис. 9.2.2), длина каждого из которых должна составлять не менее $320/3=107$ мм. Длина сварных швов приварки арматурных стержней к закладным деталям М5 принимается 115 мм. Порядок наложения сварных швов соответствует номеру сварного шва, см. рис. 9.2.2.

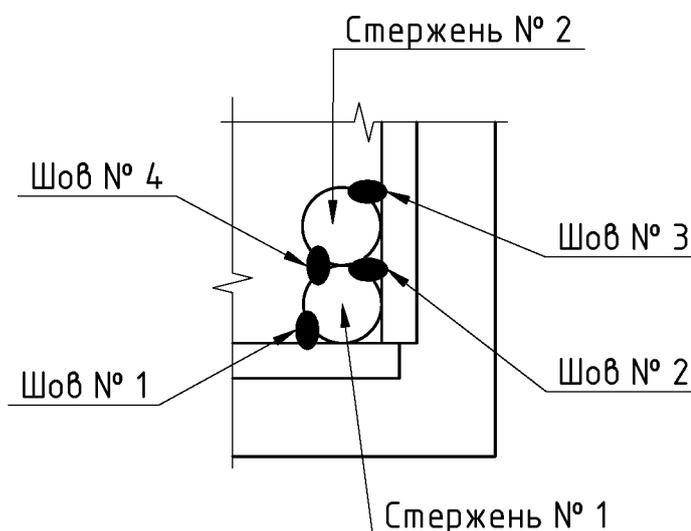


Рисунок 9.2.2 – Схема приварки арматурных стержней к закладным деталям М5

В оголовке сваи расположена шпилька М42 закладной детали М3. Шпилька М42 выполнена из стали Ст3 ГОСТ 380. Шпилька М42 может быть выполнена из стали 09Г2С ГОСТ 19281.

Несущая способность шпильки М42 из стали Ст3 на растяжение составляет:

$$N_{bt}=R_{ba} * A_{bn} * \gamma_c = 180 * 1120 * 1,0 = 201600 \text{ Н} = 20,55 \text{ т},$$

где R_{ba} – расчётное сопротивление растяжению фундаментных болтов, 180 МПа – для стали Ст3, 230 МПа – для стали 09Г2С;

A_{bn} – площадь сечения болта нетто, 11,2 см²;

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Лист

31

γ_c – коэффициент условий работы, 1,0.

Несущая способность шпильки М42 из стали 09Г2С на растяжение составляет:

$$N_{bt} = R_{ba} * A_{bn} * \gamma_c = 230 * 1120 * 1,0 = 257600 \text{ Н} = 26,26 \text{ т}$$

Закладная деталь МЗ (см. рис. 9.2.3) в оголовке сваи анкеруется в бетоне при помощи 8 стержней 20А500С ГОСТ 34028. Анкерные стержни приварены швом Н1-Рш ГОСТ 14098 электродами Э50А ГОСТ 9466.

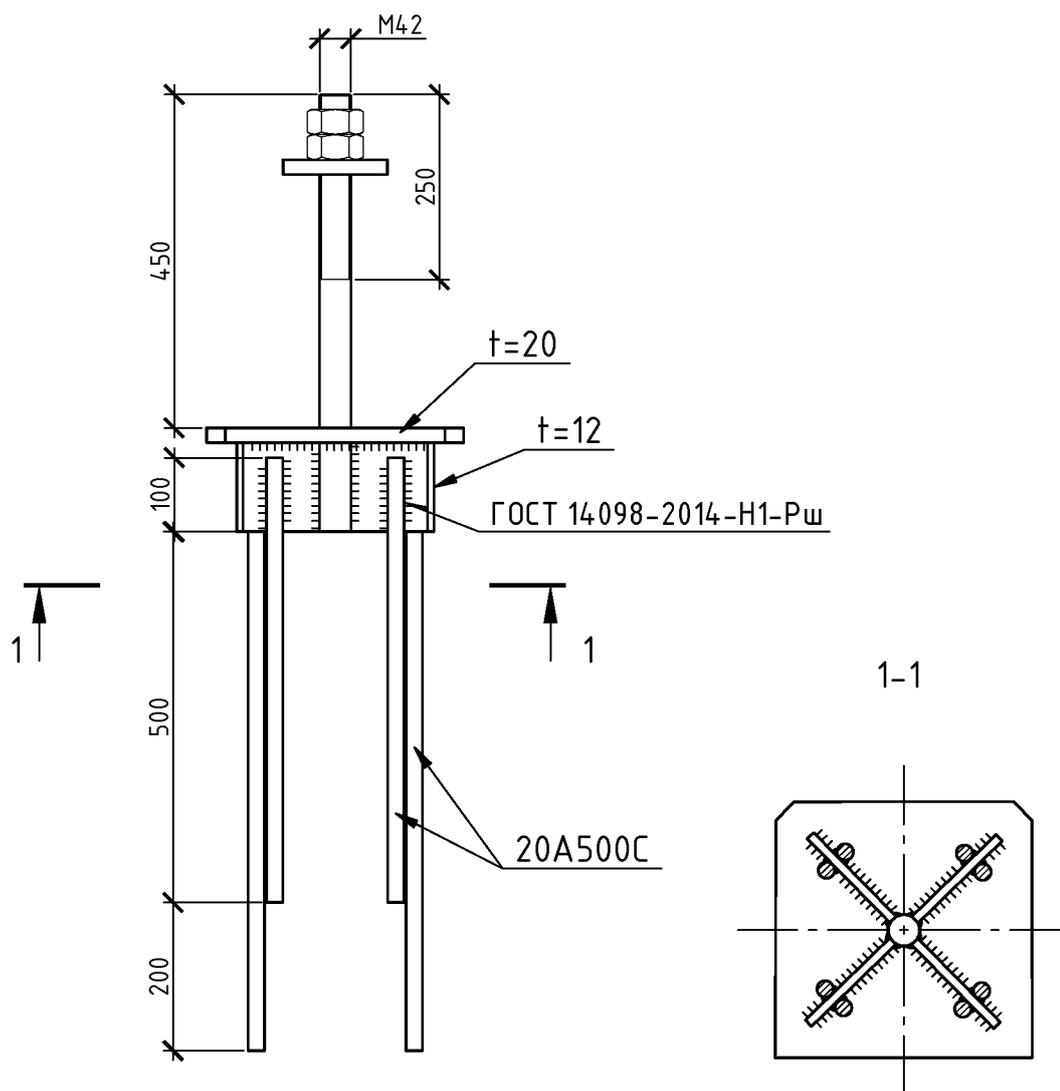


Рисунок 9.2.3 – Закладная деталь МЗ

Несущая способность анкерных стержней на растяжение составляет:

$$N = n * A_s * R_s = 8 * 3,142 * 4,43 = 111,35 \text{ т},$$

где n – количество арматурных стержней, 8;

A_s – площадь поперечного сечения арматурного стержня, 3,142 см²;

Инва. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инва. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Лист

32

R_s – расчётное сопротивление арматуры, 435 МПа=4,43 т/см².

Длина анкерных стержней в бетоне составляет: 4 стержня - 500 мм, 4 стержня 700 мм. В расчёт принимается длина анкеровки 500 мм.

Базовая (основная) длина анкеровки, необходимая для передачи усилия в арматуре с полным расчетным значением сопротивления R_s на бетон, определяется по формуле:

$$l_{0,an} = \frac{R_s A_s}{R_{bond} u_s}$$

где R_s – расчётное сопротивление арматуры, 435 МПа=4,43 т/см²;

A_s - площадь поперечного сечения арматурного стержня, 3,142 см²;

R_{bond} – расчетное сопротивление сцепления арматуры с бетоном, принимаемое равномерно распределенным по длине анкеровки;

u_s – периметр поперечного сечения арматурного стержня, 6,28 см.

$$R_{bond} = \eta_1 \eta_2 R_{bt} = 2,5 * 1,0 * 1,15 = 2,875 \text{ МПа,}$$

где $\eta_1 = 2,5$ для горячекатаной арматуры периодического профиля;

$\eta_2 = 1,0$ – при диаметре арматуры $d_s \leq 32$ мм.

$$l_{0,an} = \frac{435 \cdot 3,142}{2,875 \cdot 6,28} = 75,7 \text{ см.}$$

Усилие, воспринимаемое анкеруемым стержнем арматуры:

$$N_s = R_s A_s \frac{l_s}{\alpha_1 l_{0,an}} = 4,43 \cdot 3,142 \cdot \frac{50}{75,7} = 9,2 \text{ т.}$$

Усилие, воспринимаемое всеми восемью анкерными стержнями арматуры закладной детали МЗ: $8 * 9,2 = 73,6$ т.

Схема сварки секций свай второго типа армирования представлена на рис. 9.2.4.

Инт. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инт. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Лист

33

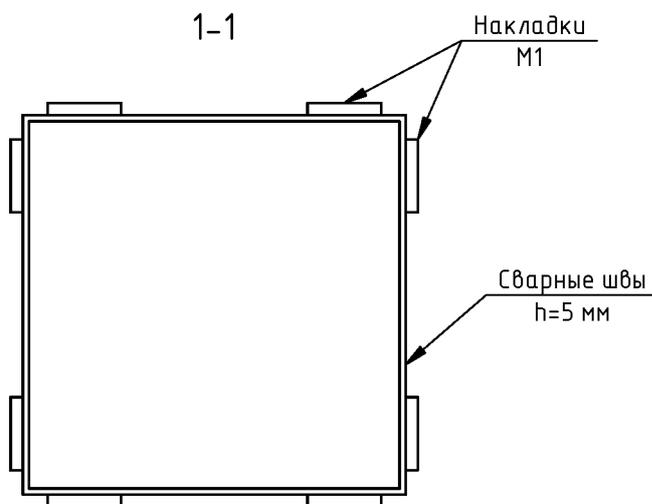
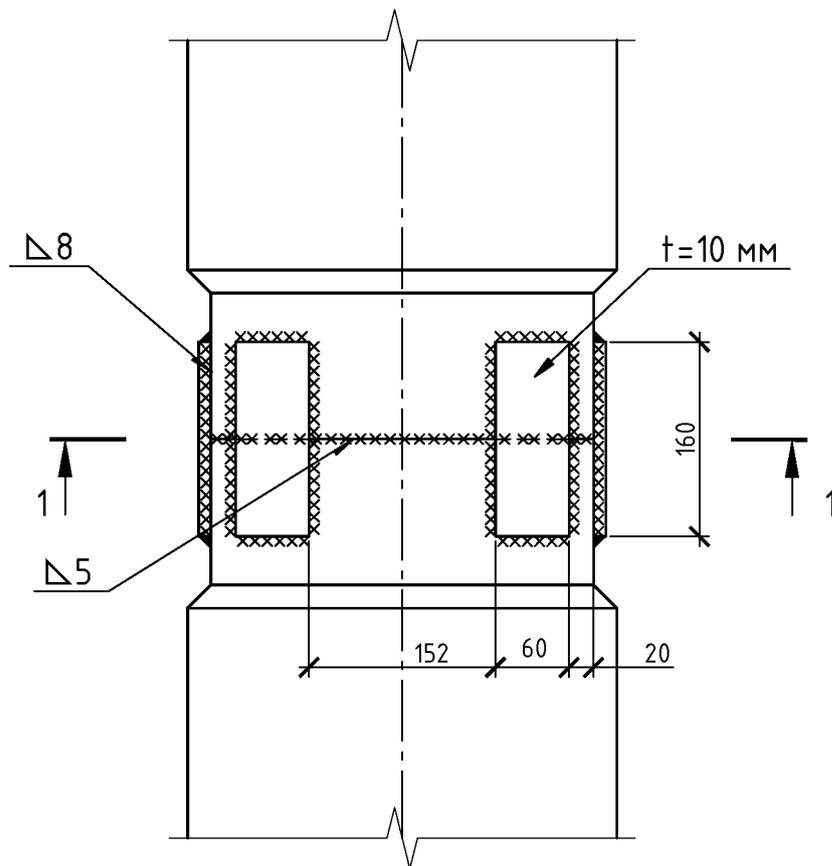


Рисунок 9.2.4 – Схема сварки секций свай второго типа армирования

Соединение секций свай выполняется при помощи сварки по контуру касания секций высотой шва 5 мм, а также приварки накладок М1. Закладные детали и накладки выполнены из стали С245 ГОСТ 27772. Сварка производится электродами Э50А ГОСТ 9466. Временное сопротивление металла сварных швов $R_{wun}=490$ МПа превышает временное сопротивление металла закладных деталей и

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.003.1.1ПЗ

Лист

34

накладок $R_{un}=370$ МПа – расчётное сопротивление металла в поперечном сечении сварного соединения принимается по металлу закладных деталей и накладок $R_y=240$ МПа.

Нормальные напряжения в узле соединения секций свай рассчитаны в программе Конструктор сечений расчётного комплекса SCAD Office. Принятое (максимально допускаемое) в расчёте сочетание усилий в сечении и распределение нормальных напряжений представлено на рис. 9.2.5:

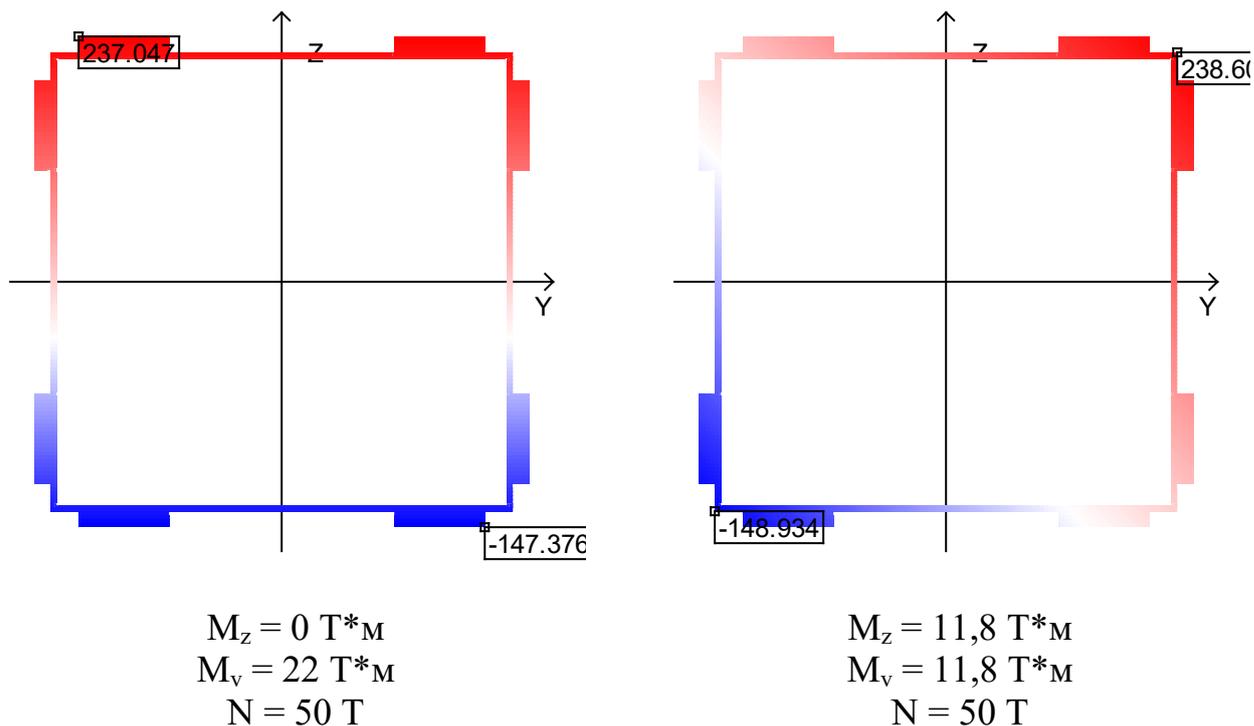


Рисунок 9.2.5 – Принятое в расчёте сочетание усилий в сечении узла стыковки и распределение напряжений, МПа

Нормальные напряжения в соединении секций свай при принятых сочетаниях усилий (см. рис. 9.2.5) не превышают расчётного сопротивления стали $R_y=240$ МПа.

Несущая способность накладки М1 из стали С245 с расчётным сопротивлением $R_y=240$ МПа = 2,44 т/см² на растяжение-сжатие составляет:

$$1,0 * 6,0 * 2,44 = 14,64 \text{ т.}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата				22.003.1.1ПЗ	Лист	
Взам. инв. №	Инв. № дубл.					35	
Подп. и дата		Изм	Лист	№ докум.		Подп.	Дата

Расчёт сварного соединения накладок М1 с угловыми швами, при действии силы N , проходящей через центр тяжести соединения, выполняется на срез (условный) по металлу шва, так как:

$$\frac{\beta_f R_{wf}}{\beta_z R_{wz}} = \frac{0,7 \cdot 215}{1,0 \cdot 166} = \frac{150}{166} < 1,0$$

где R_{wf} – расчётное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу шва, $215 \text{ МПа} = 2,19 \text{ т/см}^2$;

R_{wz} – расчётное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу границы сплавления, $R_{wz} = 0,45 R_{un} = 0,45 \cdot 370 = 166 \text{ МПа} = 1,69 \text{ т/см}^2$;

β_f, β_z – коэффициенты, принимаемые по таблице 39 СП 16.13330.

Несущая способность сварных швов накладок по металлу шва обеспечивается, если выполняется условие:

$$\frac{N}{\beta_f k_f l_w R_{wf} \gamma_c} < 1,0,$$

где $N = 14,64 \text{ т}$ – несущая способность накладки на растяжение-сжатие;

k_f – катет сварного шва, 8 мм ;

l_w – расчётная длина сварного шва, равная суммарной длине всех его участков за вычетом по 1 см на каждом непрерывном участке шва, 18 см .

$$\frac{N}{\beta_f k_f l_w R_{wf} \gamma_c} = \frac{14,64}{0,7 \cdot 0,8 \cdot 18 \cdot 2,19 \cdot 1,0} = 0,66 < 1$$

- несущая способность сварных швов накладки обеспечена.

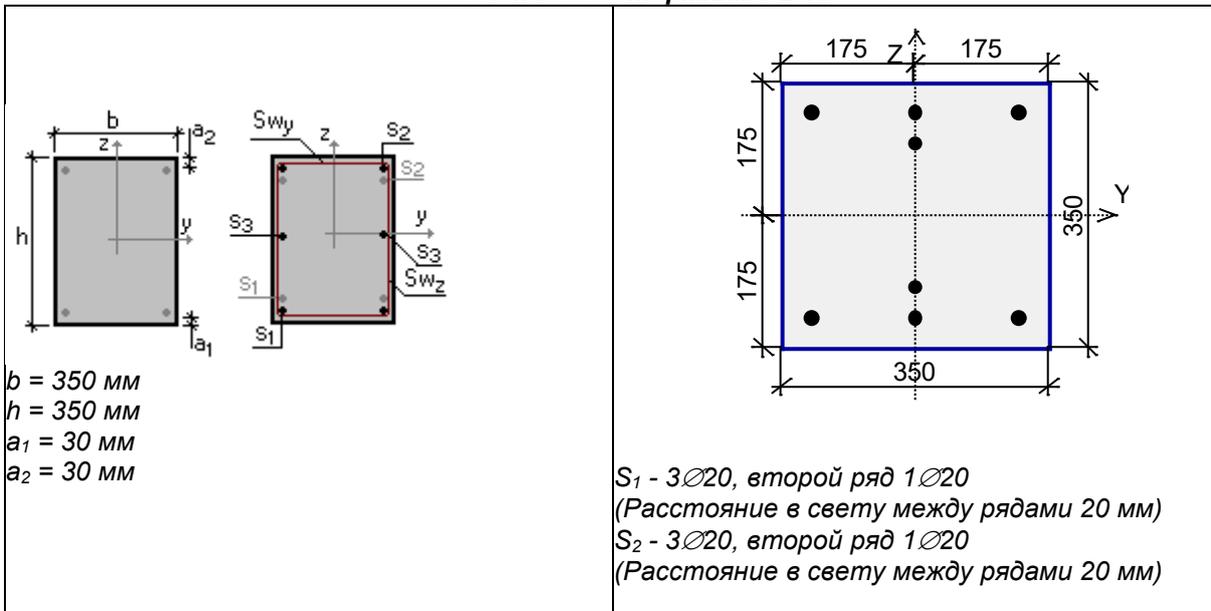
Справочная информация по геометрическим характеристикам сечений сваи

Сваи второго типа армирования армируются 8 стержнями 20А500С ГОСТ 34028 (см. рис. 9.2.1) на всей длине, за исключением нижнего участка длиной 2 м , на котором армирование производится 4 стержнями 20А500С ГОСТ 34028 по углам поперечного сечения. Бетон В30 ГОСТ 26633. Защитный слой бетона составляет 30 мм .

Инт. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инт. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

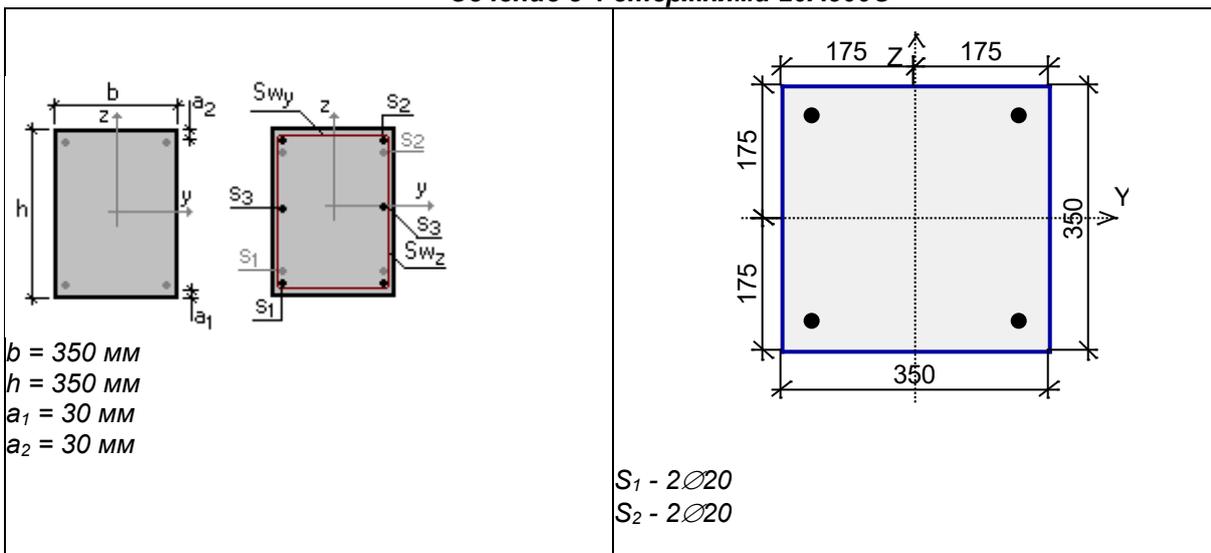
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	22.003.1.1ПЗ	Лист
						36

Сечение с 8 стержнями 20А500С



A_{red}	Площадь приведенного сечения	1354.547	см^2
I_{red}	Момент инерции приведенного сечения	145688.74	см^4

Сечение с 4 стержнями 20А500С



A_{red}	Площадь приведенного сечения	1289.774	см^2
I_{red}	Момент инерции приведенного сечения	136860.203	см^4

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

9.3 Сваи третьего типа армирования

Сваи третьего типа армирования армируются 8 стержнями 22А500С ГОСТ 34028 (см. рис. 9.3.1) на всей длине, за исключением нижнего участка длиной 2 м, на котором армирование производится 4 стержнями 22А500С ГОСТ 34028 по углам поперечного сечения. Бетон В30 ГОСТ 26633. Защитный слой бетона составляет 30 мм.

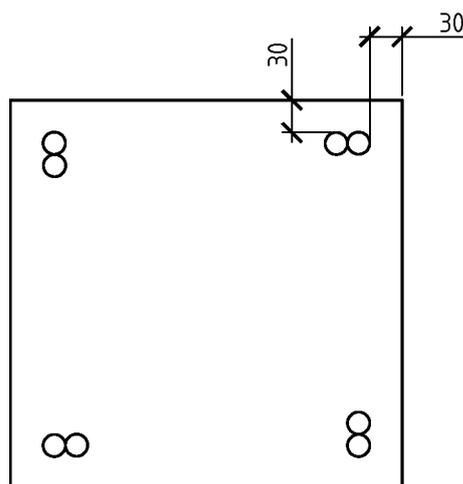


Рисунок 9.3.1 – Схема армирования свай

Несущая способность поперечного сечения свай рассчитана в соответствии с СП 63.13330 в программе АРБАТ расчётного комплекса SCAD Office. Методом подбора определены:

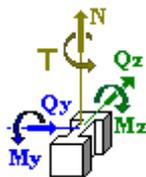
- допускаемый изгибающий момент M_y при продольной силе $N=0$;
- допускаемая поперечная сила Q_z при отсутствии поперечной арматуры.

Рассчитаны кривые взаимодействия $N - M_y$. При сочетании усилий $N - M_y$, находящемся внутри закрашенной зоны несущая способность поперечного сечения и трещиностойкость сваи обеспечены.

Расчёт поперечного сечения свай с армированием 8 стержнями 22А500С

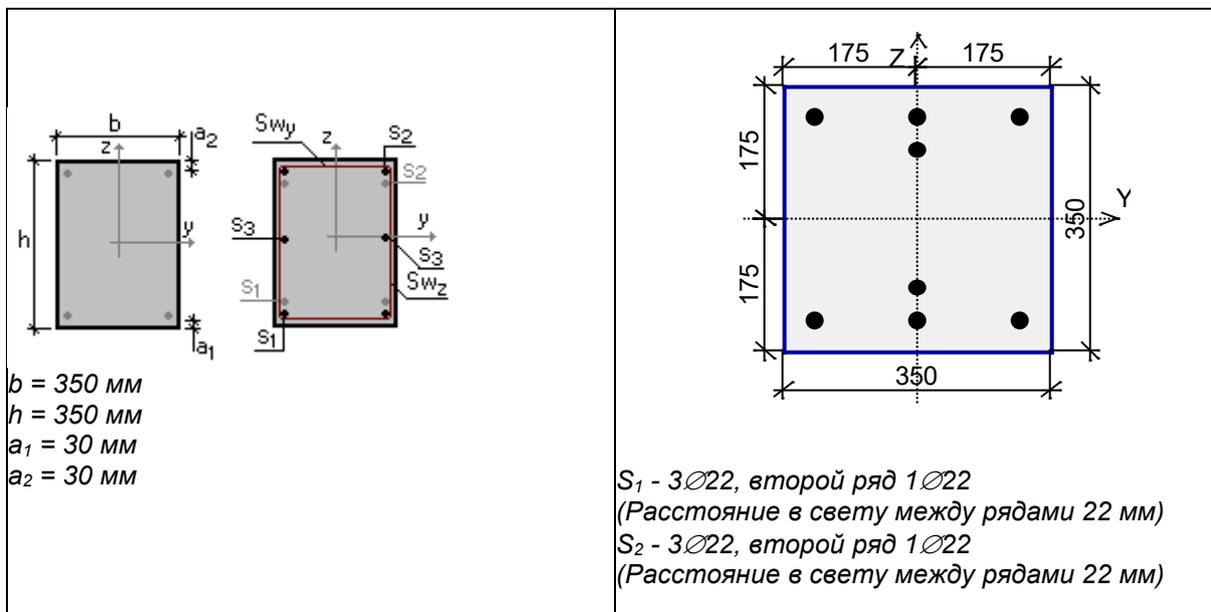
Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

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



Сечение

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	22.003.1.1ПЗ	Лист



Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	Отсутствует	1

Бетон

Вид бетона: Тяжелый

Класс бетона: В30

Коэффициенты условий работы бетона

γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	1
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - более 75%

Трещиностойкость

Ограниченная ширина раскрытия трещин

Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры

Допустимая ширина раскрытия трещин:

Непродолжительное раскрытие 0.4 мм

Продолжительное раскрытие 0.3 мм

Дополнительные коэффициенты условий работы

Коэффициент понижающий расчетное сопротивление	1
--	---

Результаты расчета по комбинациям загружений

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмическая	Особая
	T	T^*M	T	T^*M	T	T^*M					
1	0	17.6	6.1	0	0	0	1.3	0	+		

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

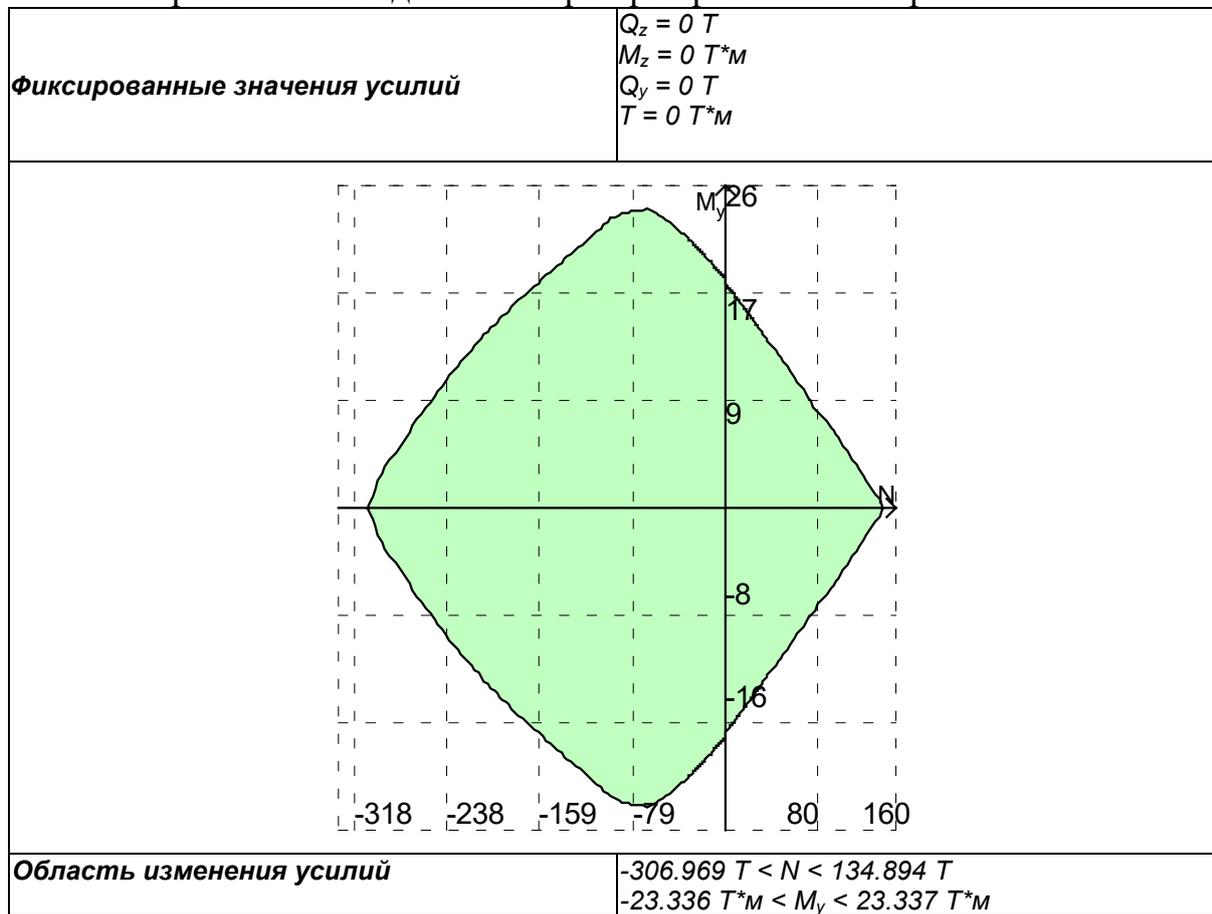
Лист

39

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	Прочность по предельному моменту сечения	0.983
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0.669
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0.229
пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0.866
пп. 8.1.32, 8.1.34	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0.11
пп. 8.1.33, 8.1.34	Прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры	0.979

Коэффициент использования 0.983 - Прочность по предельному моменту сечения

Кривые взаимодействия при армировании 8 стержнями 22A500С:



Расчёт поперечного сечения свай с армированием 4 стержнями 22A500С

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$
 Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) 1

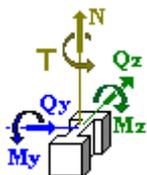
Коэффициент расчетной длины в плоскости XoY 2
 Коэффициент расчетной длины в плоскости XoZ 2
 Случайный эксцентриситет по Z принят по СП 63.13330.2012

Инва. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инва. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

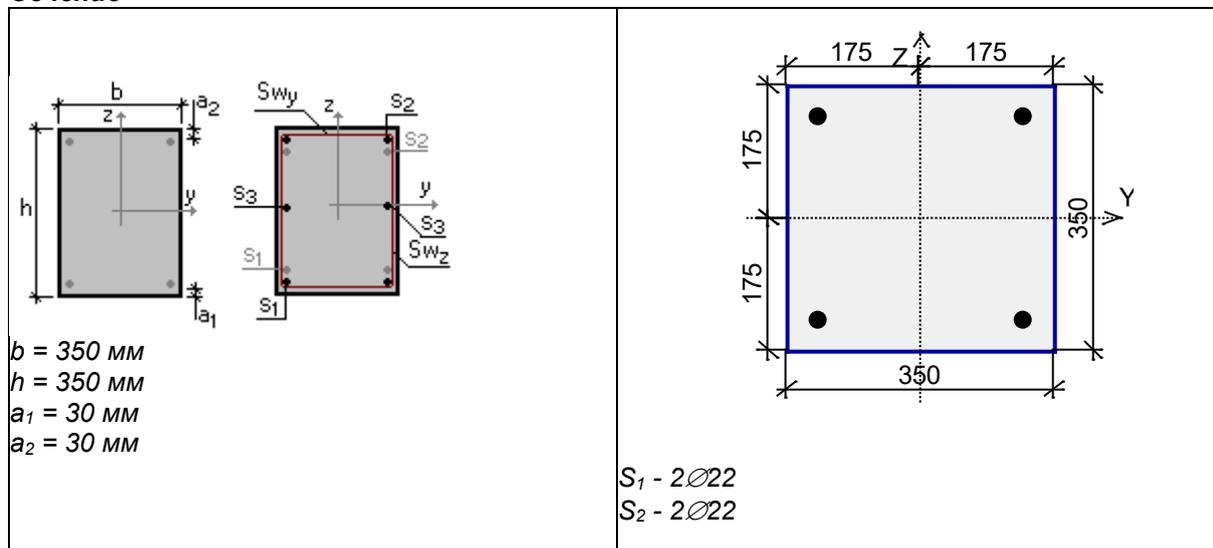
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Случайный эксцентриситет по Y принят по СП 63.13330.2012
Конструкция статически определяемая



Сечение



Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	A240	1

Бетон

Вид бетона: Тяжелый

Класс бетона: В30

Коэффициенты условий работы бетона		
γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	1
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - более 75%

Трещиностойкость

Ограниченная ширина раскрытия трещин

Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры

Допустимая ширина раскрытия трещин:

Непродолжительное раскрытие 0.4 мм

Продолжительное раскрытие 0.3 мм

Дополнительные коэффициенты условий работы	
Коэффициент понижающий расчетное сопротивление	1

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Лист

41

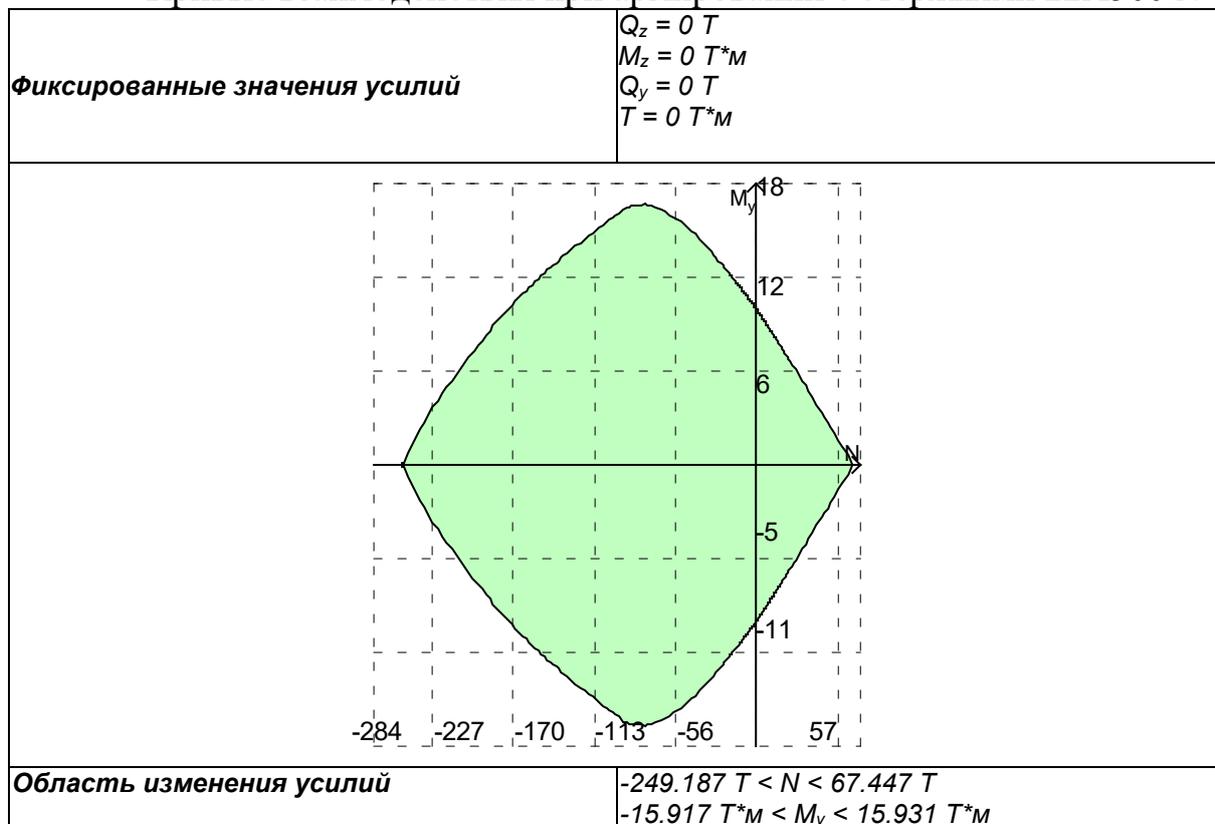
Результаты расчета по комбинациям загрузений

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Кoeffициент надежности по нагрузке	Кoeffициент длительной части	Кратковременная	Сейсмика	Особая
	T	T^*M	T	T^*M	T	T^*M					
1	0	9.5	6.1	0	0	0	1.3	0	+		

Проверено по СП	Проверка	Кoeffициент использования
	Прочность по предельному моменту сечения	0.996
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0.601
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0.35
пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0.81
пп. 8.1.32, 8.1.34	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0.108
пп. 8.1.33, 8.1.34	Прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры	0.962

Кoeffициент использования 0.996 - Прочность по предельному моменту сечения

Кривые взаимодействия при армировании 4 стержнями 22A500C:



Инва. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Приварка арматуры к закладным деталям М6 (в месте стыковки свай) производится швами Н1-Рш ГОСТ 14098-2014 электродами Э50А ГОСТ 9466. Длина сварного шва для арматуры 22А500С должна составлять не менее $4d_n=4*22=88$ мм. Суммарная длина четырёх сварных швов для двух арматурных стержней в пакете должна составлять $88*4=352$ мм. Конструктивно арматурные стержни привариваются к закладным деталям М6 тремя сварными швами (№№ 1, 2, 3) и одним швом (№ 4) свариваются между собой (см. рис. 9.3.2), длина каждого из которых должна составлять не менее $352/3=117$ мм. Длина сварных швов приварки арматурных стержней к закладным деталям М6 принимается 155 мм. Порядок наложения сварных швов соответствует номеру сварного шва, см. рис. 9.3.2.

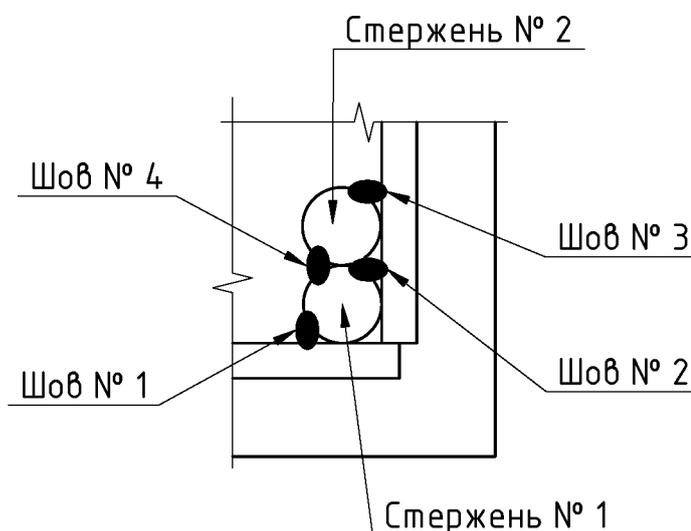


Рисунок 9.3.2 – Схема приварки арматурных стержней к закладным деталям М6

В оголовке сваи расположена шпилька М56 закладной детали М4. Шпилька М56 выполнена из стали Ст3 ГОСТ 380. Шпилька М56 может быть выполнена из стали 09Г2С ГОСТ 19281.

Несущая способность шпильки М56 из стали Ст3 на растяжение составляет:

$$N_{bt}=R_{ba} * A_{bn} * \gamma_c = 180 * 2029 * 1,0 = 365220 \text{ Н} = 37,23 \text{ т},$$

где R_{ba} – расчётное сопротивление растяжению фундаментных болтов, 180 МПа – для стали Ст3, 230 МПа – для стали 09Г2С;

A_{bn} – площадь сечения болта нетто, 20,29 см²;

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Лист

43

γ_c – коэффициент условий работы, 1,0.

Несущая способность шпильки М56 из стали 09Г2С на растяжение составляет:

$$N_{bt} = R_{ba} * A_{bn} * \gamma_c = 230 * 2029 * 1,0 = 466670 \text{ Н} = 47,57 \text{ Т}$$

Закладная деталь М4 (см. рис. 9.3.3) в оголовке сваи анкеруется в бетоне при помощи 8 стержней 25А500С ГОСТ 34028. Анкерные стержни приварены швом Н1-Рш ГОСТ 14098 электродами Э50А ГОСТ 9466.

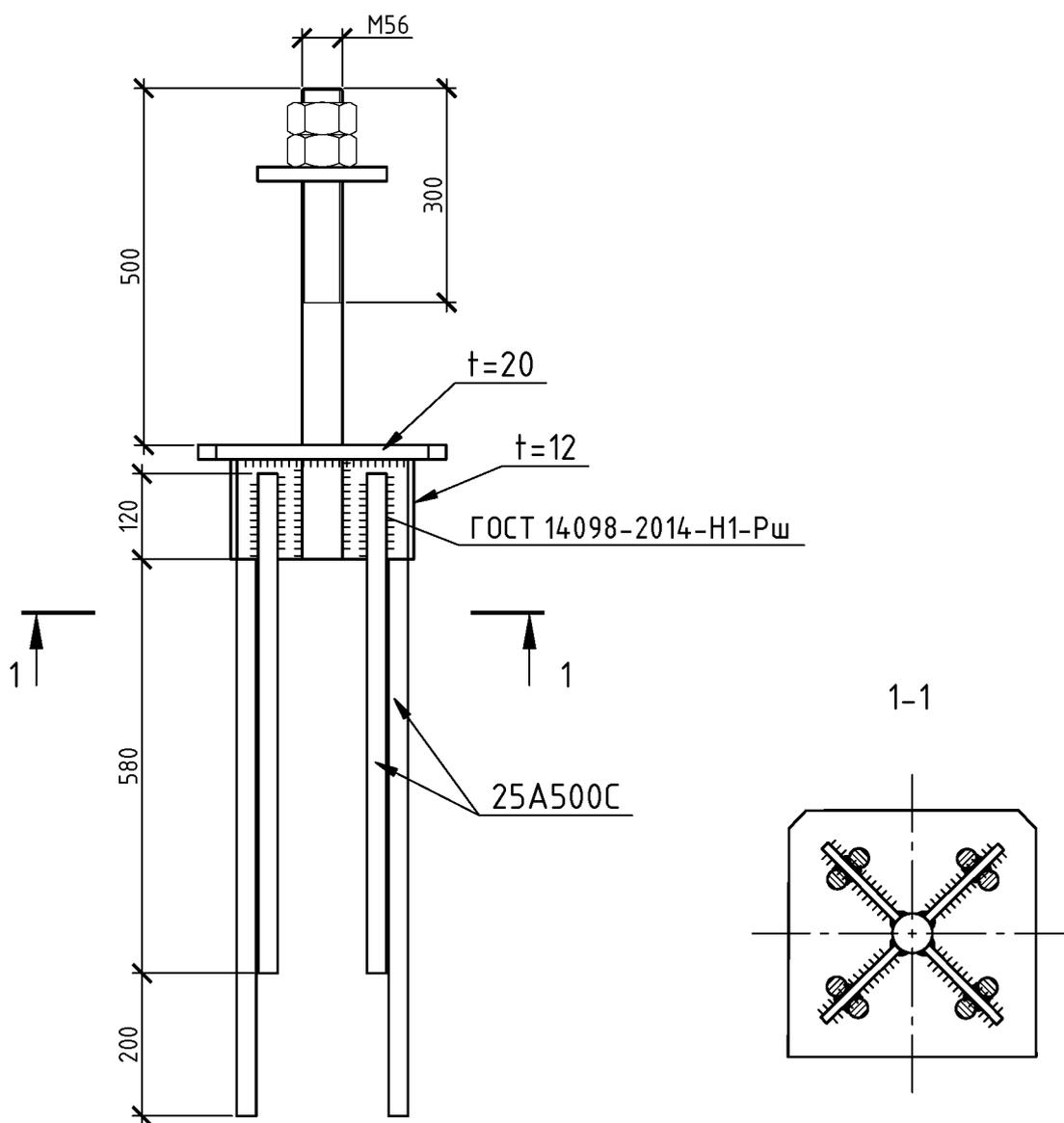


Рисунок 9.3.3 – Закладная деталь М4

Несущая способность анкерных стержней на растяжение составляет:

$$N = n * A_s * R_s = 8 * 4,909 * 4,43 = 173,9 \text{ Т,}$$

Инва. № подл.	Взам. инв. №	Инва. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.003.1.1ПЗ

Лист

44

где n – количество арматурных стержней, 8;

A_s – площадь поперечного сечения арматурного стержня, 4,909 см²;

R_s – расчётное сопротивление арматуры, 435 МПа=4,43 т/см².

Длина анкерных стержней в бетоне составляет: 4 стержня - 580 мм, 4 стержня 780 мм. В расчёт принимается длина анкеровки 580 мм.

Базовая (основная) длина анкеровки, необходимая для передачи усилия в арматуре с полным расчетным значением сопротивления R_s на бетон, определяется по формуле:

$$l_{0,an} = \frac{R_s A_s}{R_{bond} u_s}$$

где R_s – расчётное сопротивление арматуры, 435 МПа=4,43 т/см²;

A_s - площадь поперечного сечения арматурного стержня, 4,909 см²;

R_{bond} – расчетное сопротивление сцепления арматуры с бетоном, принимаемое равномерно распределенным по длине анкеровки;

u_s – периметр поперечного сечения арматурного стержня, 7,85 см.

$$R_{bond} = \eta_1 \eta_2 R_{bt} = 2,5 * 1,0 * 1,15 = 2,875 \text{ МПа,}$$

где $\eta_1 = 2,5$ для горячекатаной арматуры периодического профиля;

$\eta_2 = 1,0$ – при диаметре арматуры $d_s \leq 32$ мм.

$$l_{0,an} = \frac{435 \cdot 4,909}{2,875 \cdot 7,85} = 94,6 \text{ см.}$$

Усилие, воспринимаемое анкеруемым стержнем арматуры:

$$N_s = R_s A_s \frac{l_s}{\alpha_1 l_{0,an}} = 4,43 \cdot 4,909 \cdot \frac{58}{94,6} = 13,3 \text{ т.}$$

Усилие, воспринимаемое всеми восемью анкерными стержнями арматуры закладной детали М4: $8 * 13,3 = 106,4$ т.

Схема сварки секций свай третьего типа армирования представлена на рис. 9.3.4.

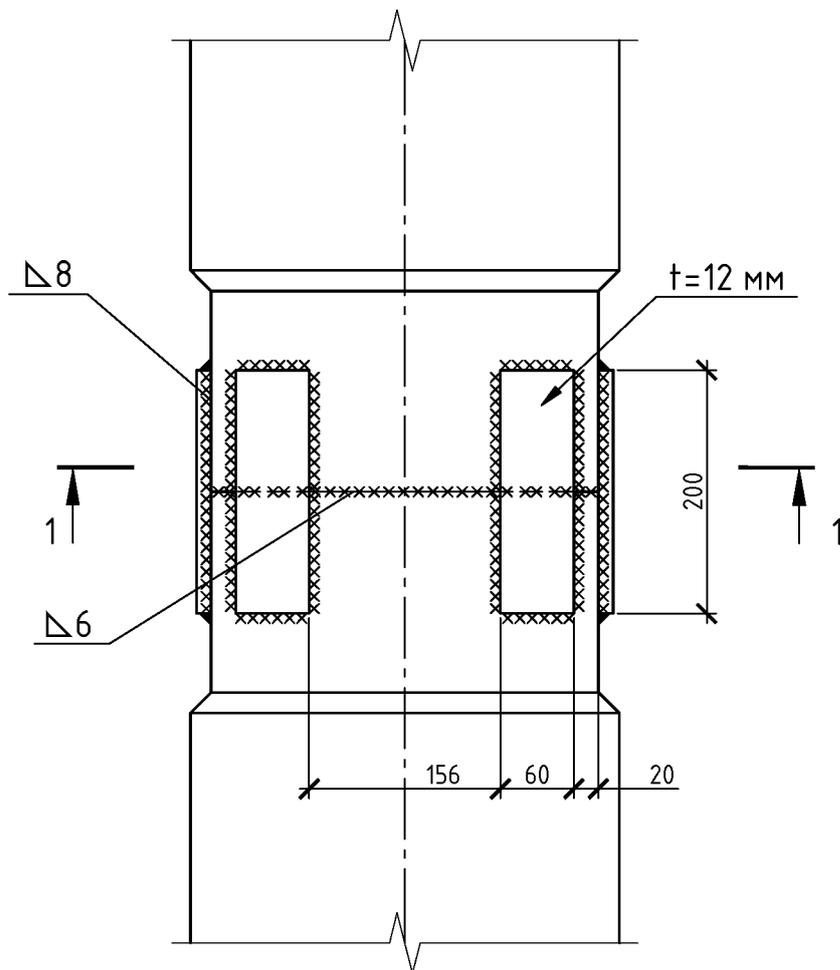
Инт. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Лист

45



1-1

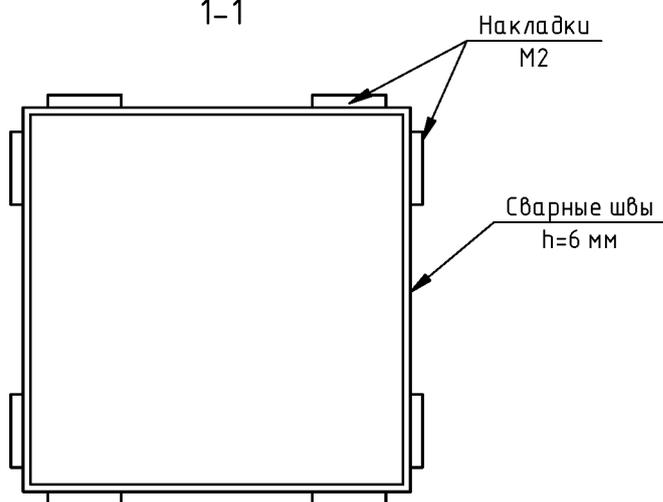


Рисунок 9.3.4 – Схема сварки секций свай третьего типа армирования

Соединение секций свай выполняется при помощи сварки по контуру касания секций высотой шва 6 мм, а также приварки накладок М2. Закладные детали и накладки выполнены из стали С245 ГОСТ 27772. Сварка производится электродами Э50А ГОСТ 9466. Временное сопротивление металла сварных швов

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

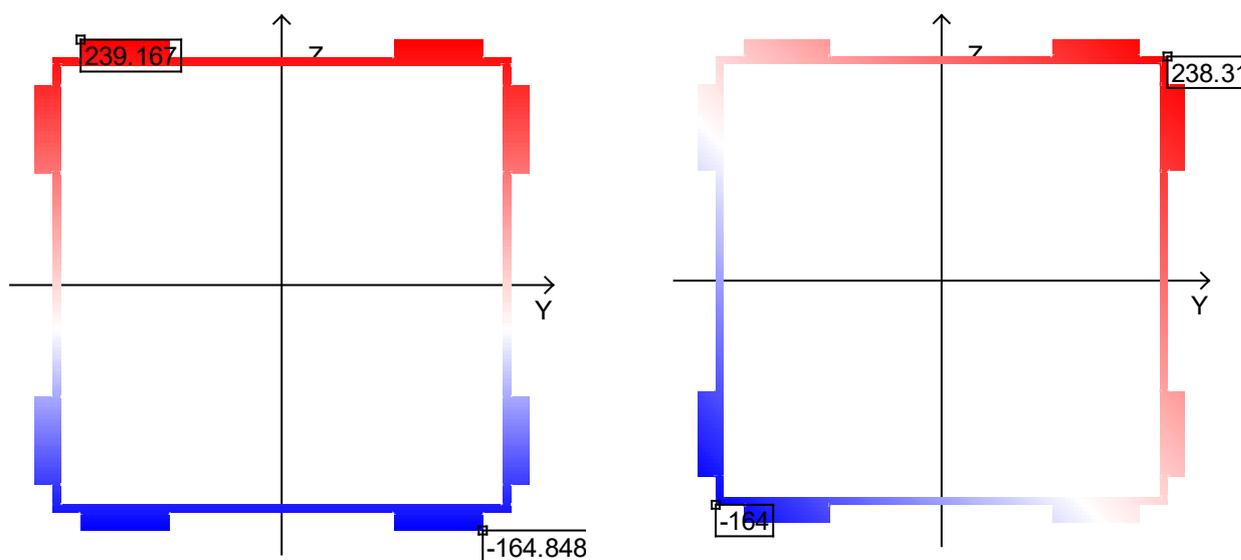
22.003.1.1ПЗ

Лист

46

$R_{wun}=490$ МПа превышает временное сопротивление металла закладных деталей и накладок $R_{un}=370$ МПа – расчётное сопротивление металла в поперечном сечении сварного соединения принимается по металлу закладных деталей и накладок $R_y=240$ МПа.

Нормальные напряжения в узле соединения секций свай рассчитаны в программе Конструктор сечений расчётного комплекса SCAD Office. Принятое (максимально допускаемое) в расчёте сочетание усилий в сечении и распределение нормальных напряжений представлено на рис. 9.3.5:



$$\begin{aligned} M_z &= 0 \text{ Т*М} \\ M_v &= 28 \text{ Т*М} \\ N &= 50 \text{ Т} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_z &= 15,0 \text{ Т*М} \\ M_v &= 15,0 \text{ Т*М} \\ N &= 50 \text{ Т} \end{aligned}$$

Рисунок 9.3.5 – Принятое в расчёте сочетание усилий в сечении узла стыковки и распределение напряжений, МПа

Нормальные напряжения в соединении секций свай при принятых сочетаниях усилий (см. рис. 9.3.5) не превышают расчётного сопротивления стали $R_y=240$ МПа.

Несущая способность накладки М2 из стали С245 с расчётным сопротивлением $R_y=240$ МПа = 2,44 т/см² на растяжение-сжатие составляет:

$$1,2 * 6,0 * 2,44 = 17,57 \text{ т.}$$

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Лист

47

Расчёт сварного соединения накладок М2 с угловыми швами, при действии силы N , проходящей через центр тяжести соединения, выполняется на срез (условный) по металлу шва, так как:

$$\frac{\beta_f R_{wf}}{\beta_z R_{wz}} = \frac{0,7 \cdot 215}{1,0 \cdot 166} = \frac{150}{166} < 1,0$$

где R_{wf} – расчётное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу шва, $215 \text{ МПа} = 2,19 \text{ т/см}^2$;

R_{wz} – расчётное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу границы сплавления, $R_{wz} = 0,45 R_{un} = 0,45 \cdot 370 = 166 \text{ МПа} = 1,69 \text{ т/см}^2$;

β_f, β_z – коэффициенты, принимаемые по таблице 39 СП 16.13330.

Несущая способность сварных швов накладок по металлу шва обеспечивается, если выполняется условие:

$$\frac{N}{\beta_f k_f l_w R_{wf} \gamma_c} < 1,0,$$

где $N = 14,64 \text{ т}$ – несущая способность накладки на растяжение-сжатие;

k_f – катет сварного шва, 8 мм ;

l_w – расчётная длина сварного шва, равная суммарной длине всех его участков за вычетом по 1 см на каждом непрерывном участке шва, 22 см .

$$\frac{N}{\beta_f k_f l_w R_{wf} \gamma_c} = \frac{17,57}{0,7 \cdot 0,8 \cdot 22 \cdot 2,19 \cdot 1,0} = 0,65 < 1$$

- несущая способность сварных швов накладки обеспечена.

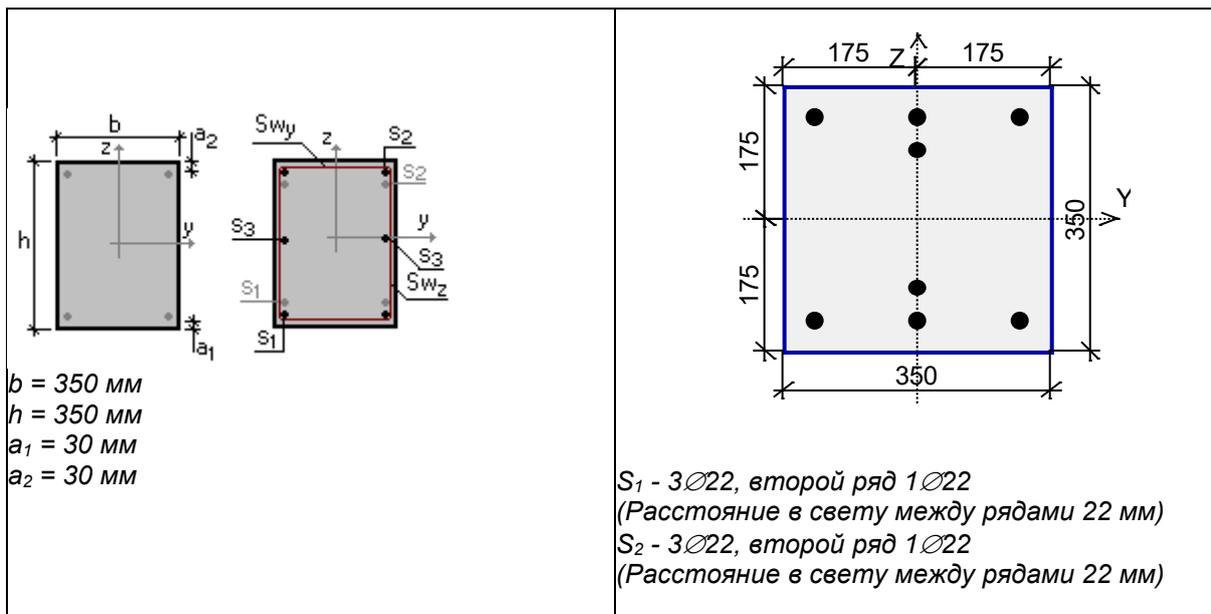
Справочная информация по геометрическим характеристикам сечений свай

Сваи третьего типа армирования армируются 8 стержнями 22А500С ГОСТ 34028 (см. рис. 9.3.1) на всей длине, за исключением нижнего участка длиной 2 м , на котором армирование производится 4 стержнями 22А500С ГОСТ 34028 по углам поперечного сечения. Бетон В30 ГОСТ 26633. Защитный слой бетона составляет 30 мм .

Инт. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инт. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

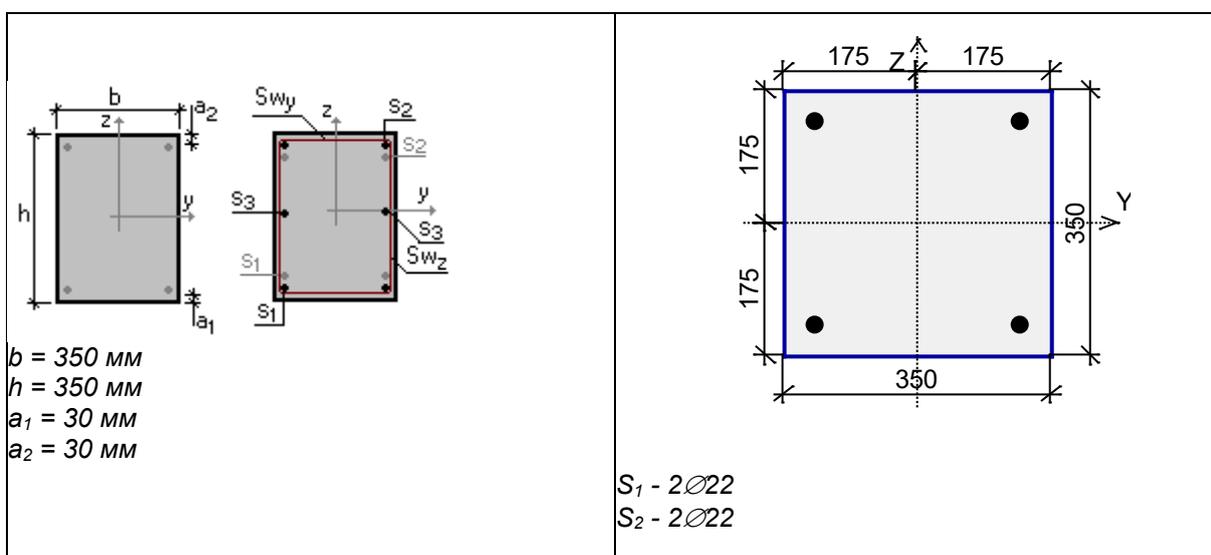
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	22.003.1.1ПЗ	Лист
						48

Сечение с 8 стержнями 22А500С



A_{red}	Площадь приведенного сечения	1381.718	см^2
I_{red}	Момент инерции приведенного сечения	149340.057	см^4

Сечение с 4 стержнями 22А500С



A_{red}	Площадь приведенного сечения	1303.359	см^2
I_{red}	Момент инерции приведенного сечения	139126.838	см^4

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Лист

49

9.4 Сваи четвёртого типа армирования

Сваи четвёртого типа армирования армируются 8 стержнями 25А500С ГОСТ 34028 (см. рис. 9.4.1) на всей длине, за исключением нижнего участка длиной 2 м, на котором армирование производится 4 стержнями 25А500С ГОСТ 34028 по углам поперечного сечения. Бетон В30 ГОСТ 26633. Защитный слой бетона составляет 30 мм.

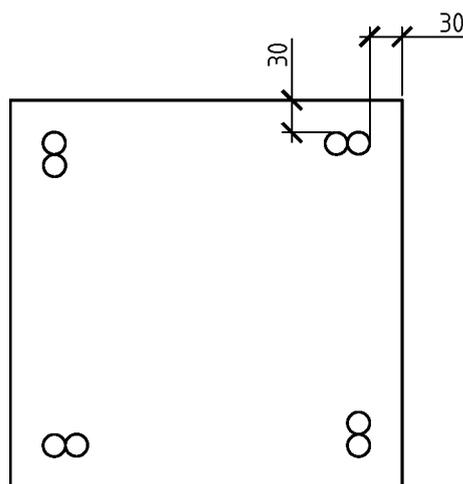


Рисунок 9.4.1 – Схема армирования свай

Несущая способность поперечного сечения свай рассчитана в соответствии с СП 63.13330 в программе АРБАТ расчётного комплекса SCAD Office. Методом подбора определены:

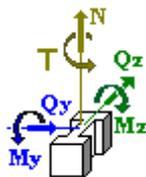
- допускаемый изгибающий момент M_y при продольной силе $N=0$;
- допускаемая поперечная сила Q_z при отсутствии поперечной арматуры.

Рассчитаны кривые взаимодействия $N - M_y$. При сочетании усилий $N - M_y$, находящемся внутри закрашенной зоны несущая способность поперечного сечения и трещиностойкость свай обеспечены.

Расчёт поперечного сечения свай с армированием 8 стержнями 25А500С

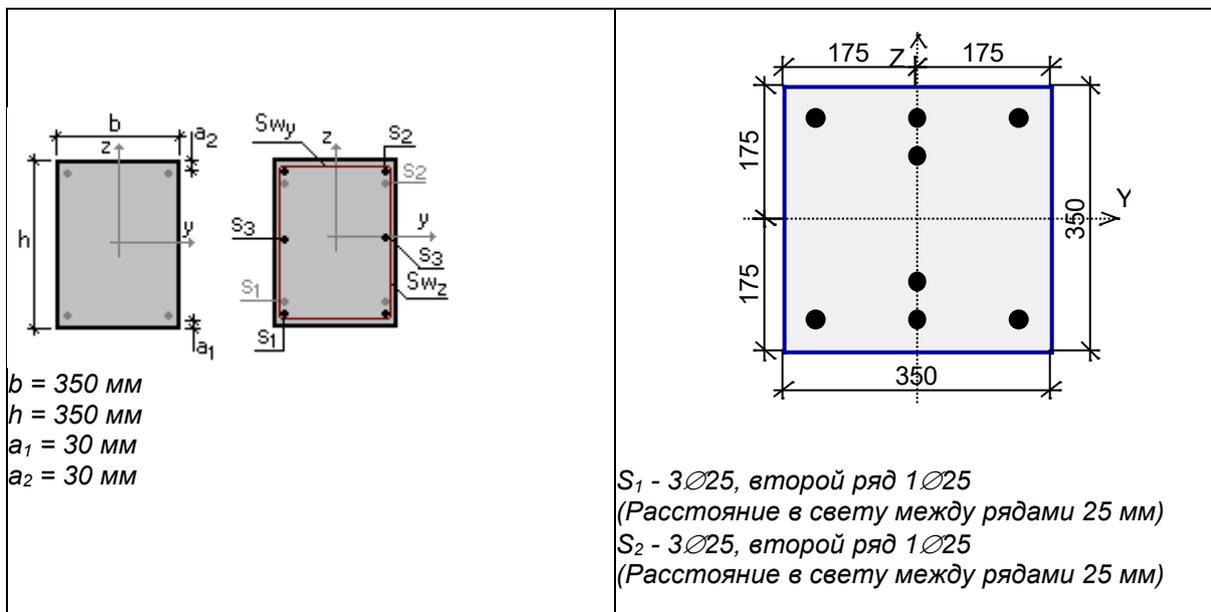
Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

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



Сечение

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	22.003.1.1ПЗ	Лист
						50
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	Отсутствует	1

Бетон

Вид бетона: Тяжелый

Класс бетона: В30

Коэффициенты условий работы бетона

γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	1
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - более 75%

Трещиностойкость

Ограниченная ширина раскрытия трещин

Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры

Допустимая ширина раскрытия трещин:

Непродолжительное раскрытие 0.4 мм

Продолжительное раскрытие 0.3 мм

Дополнительные коэффициенты условий работы

Коэффициент понижающий расчетное сопротивление	1
--	---

Результаты расчета по комбинациям загружений

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмическая	Особая
	T	T^*M	T	T^*M	T	T^*M					
1	0	22.5	6.1	0	0	0	1.3	0	+		

22.003.1.1ПЗ

Лист

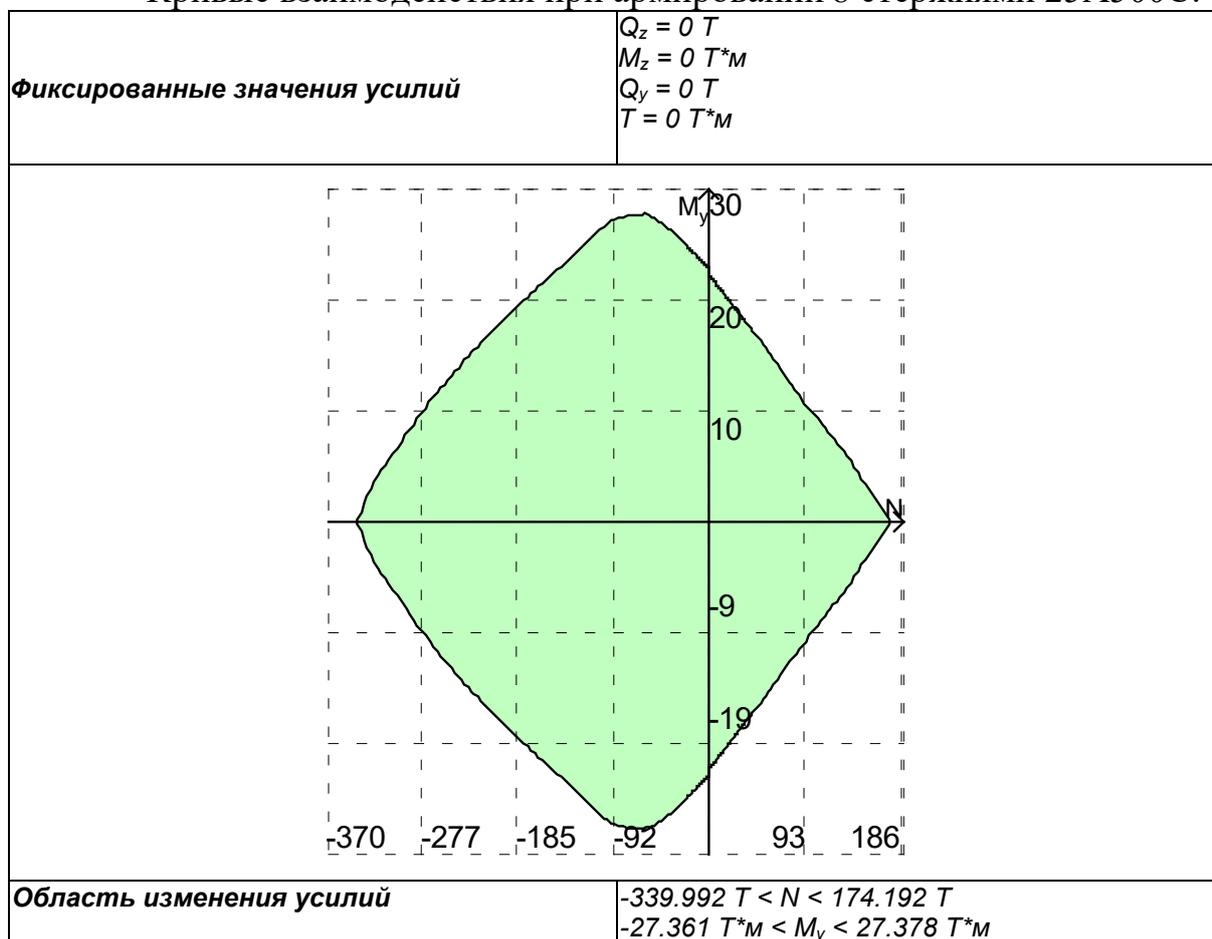
51

Изм Лист № докум. Подп. Дата

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	Прочность по предельному моменту сечения	0.998
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0.963
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0.356
пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0.889
пп. 8.1.32, 8.1.34	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0.111
пп. 8.1.33, 8.1.34	Прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры	0.987

Коэффициент использования 0.998 - Прочность по предельному моменту сечения

Кривые взаимодействия при армировании 8 стержнями 25A500С:



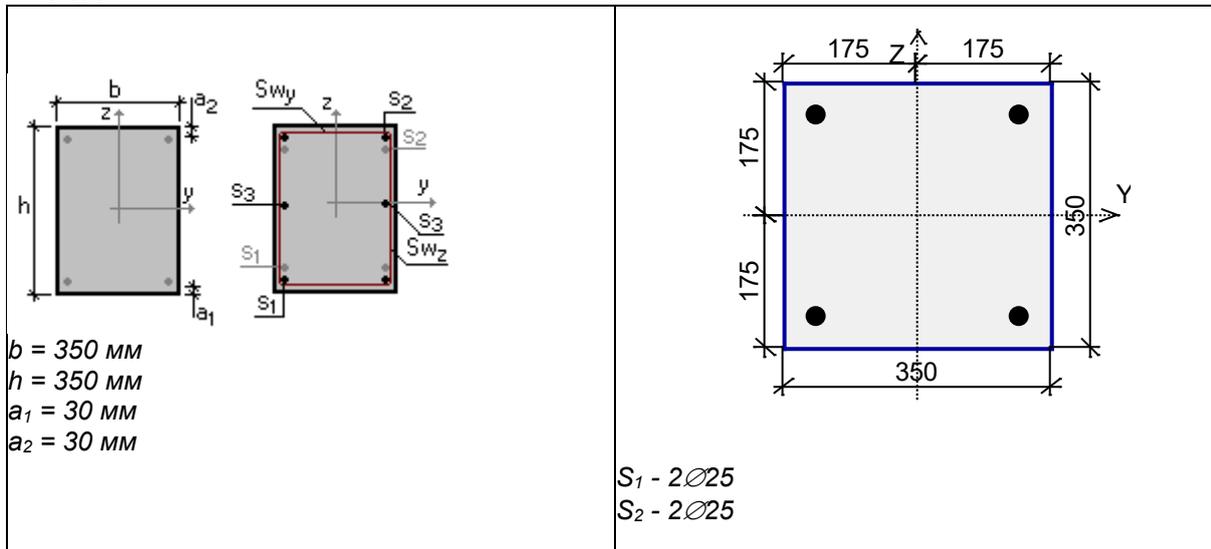
Расчёт поперечного сечения свай с армированием 4 стержнями 22A500С

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$
 Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) 1

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Сечение

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	Отсутствует	1

Бетон

Вид бетона: Тяжелый

Класс бетона: В30

Коэффициенты условий работы бетона

γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	1
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - более 75%

Трещиностойкость

Ограниченная ширина раскрытия трещин

Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры

Допустимая ширина раскрытия трещин:

Непродолжительное раскрытие 0.4 мм

Продолжительное раскрытие 0.3 мм

Дополнительные коэффициенты условий работы

Коэффициент понижающий расчетное сопротивление	1
--	---

Результаты расчета по комбинациям загрузжений

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмическая	Особая
	T	T^*M	T	T^*M	T	T^*M					
1	0	12	6.1	0	0	0	1.3	0	+		

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

22.003.1.1ПЗ

Лист

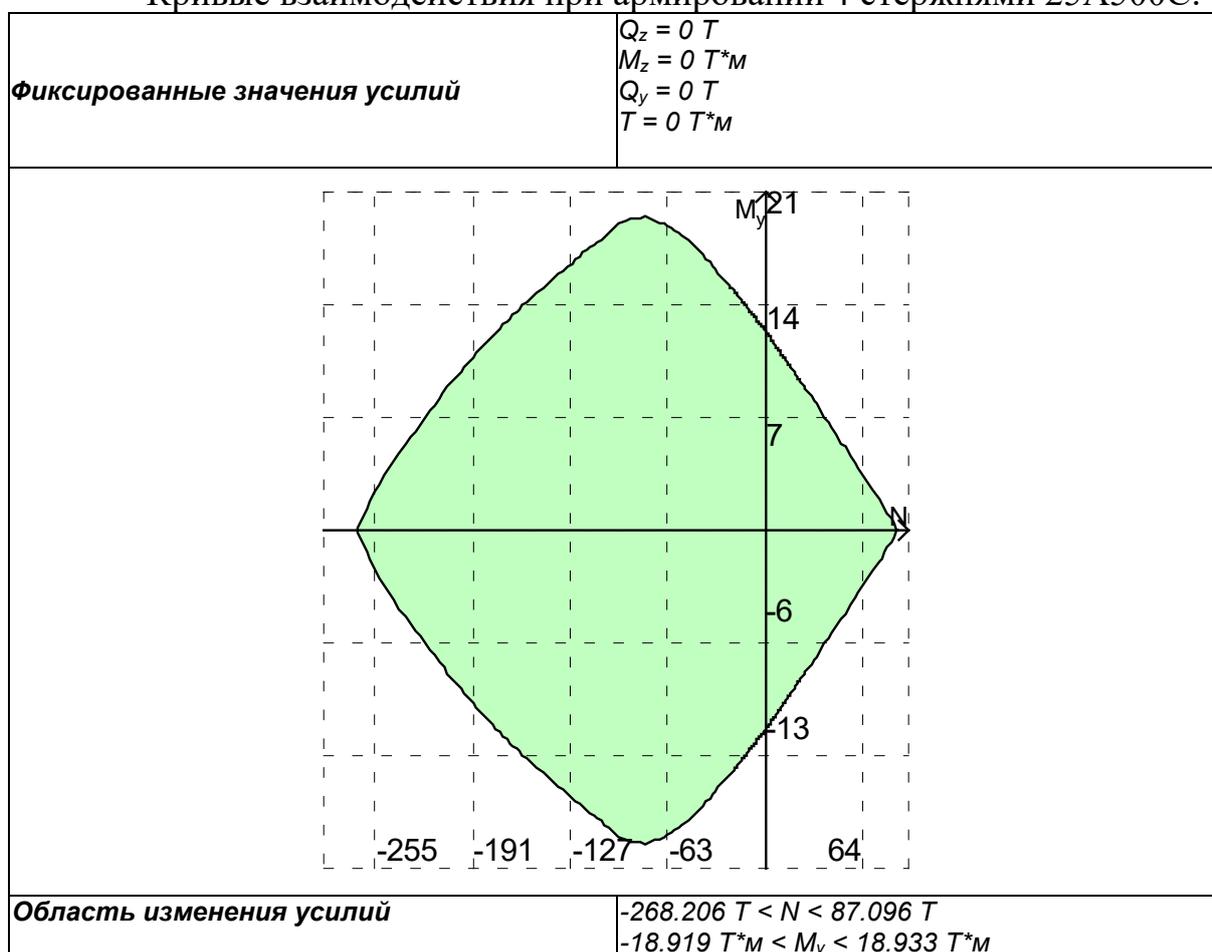
53

Изм Лист № докум. Подп. Дата

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	Прочность по предельному моменту сечения	0.994
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0.543
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0.238
пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0.813
пп. 8.1.32, 8.1.34	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0.109
пп. 8.1.33, 8.1.34	Прочность по наклонным сечениям без поперечной арматуры	0.967

Коэффициент использования 0.994 - Прочность по предельному моменту сечения

Кривые взаимодействия при армировании 4 стержнями 25A500С:



Приварка арматуры к закладным деталям М6 (в месте стыковки свай) производится швами Н1-Рш ГОСТ 14098 электродами Э50А ГОСТ 9466. Длина сварного шва для арматуры 22А500С должна составлять не менее $4d_n = 4 \cdot 22 = 88$ мм. Суммарная длина четырёх сварных швов для двух арматурных стержней в пакете должна составлять $88 \cdot 4 = 352$ мм. Конструктивно арматурные стержни

Изн. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Изн. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

привариваются к закладным деталям М6 тремя сварными швами (№№ 1, 2, 3) и одним швом (№ 4) свариваются между собой (см. рис. 9.3.2), длина каждого из которых должна составлять не менее $352/3=117$ мм. Длина сварных швов приварки арматурных стержней к закладным деталям М6 принимается 155 мм. Порядок наложения сварных швов соответствует номеру сварного шва, см. рис. 9.3.2.

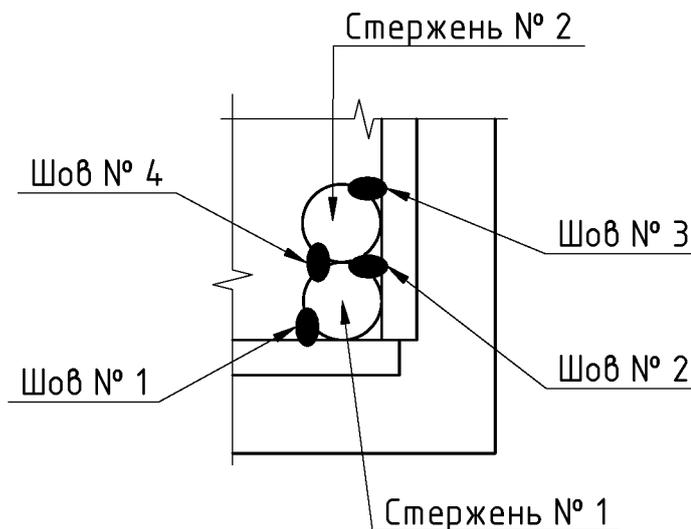


Рисунок 9.4.2 – Схема приварки арматурных стержней к закладным деталям М6

В оголовке сваи расположена шпилька М56 закладной детали М4. Шпилька М56 выполнена из стали Ст3 ГОСТ 380. Шпилька М56 может быть выполнена из стали 09Г2С ГОСТ 19281.

Несущая способность шпильки М56 из стали Ст3 на растяжение составляет:

$$N_{bt} = R_{ba} * A_{bn} * \gamma_c = 180 * 2029 * 1,0 = 365220 \text{ Н} = 37,23 \text{ т},$$

где R_{ba} – расчётное сопротивление растяжению фундаментных болтов, 180 МПа – для стали Ст3, 230 МПа – для стали 09Г2С;

A_{bn} – площадь сечения болта нетто, 20,29 см²;

γ_c – коэффициент условий работы, 1,0.

Несущая способность шпильки М56 из стали 09Г2С на растяжение составляет:

$$N_{bt} = R_{ba} * A_{bn} * \gamma_c = 230 * 2029 * 1,0 = 466670 \text{ Н} = 47,57 \text{ т}$$

Инт. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инт. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Лист

55

Закладная деталь М4 (см. рис. 9.4.3) в оголовке сваи анкеруется в бетоне при помощи 8 стержней 25А500С ГОСТ 34028. Анкерные стержни приварены швом Н1-Рш ГОСТ 14098 электродами Э50А ГОСТ 9466.

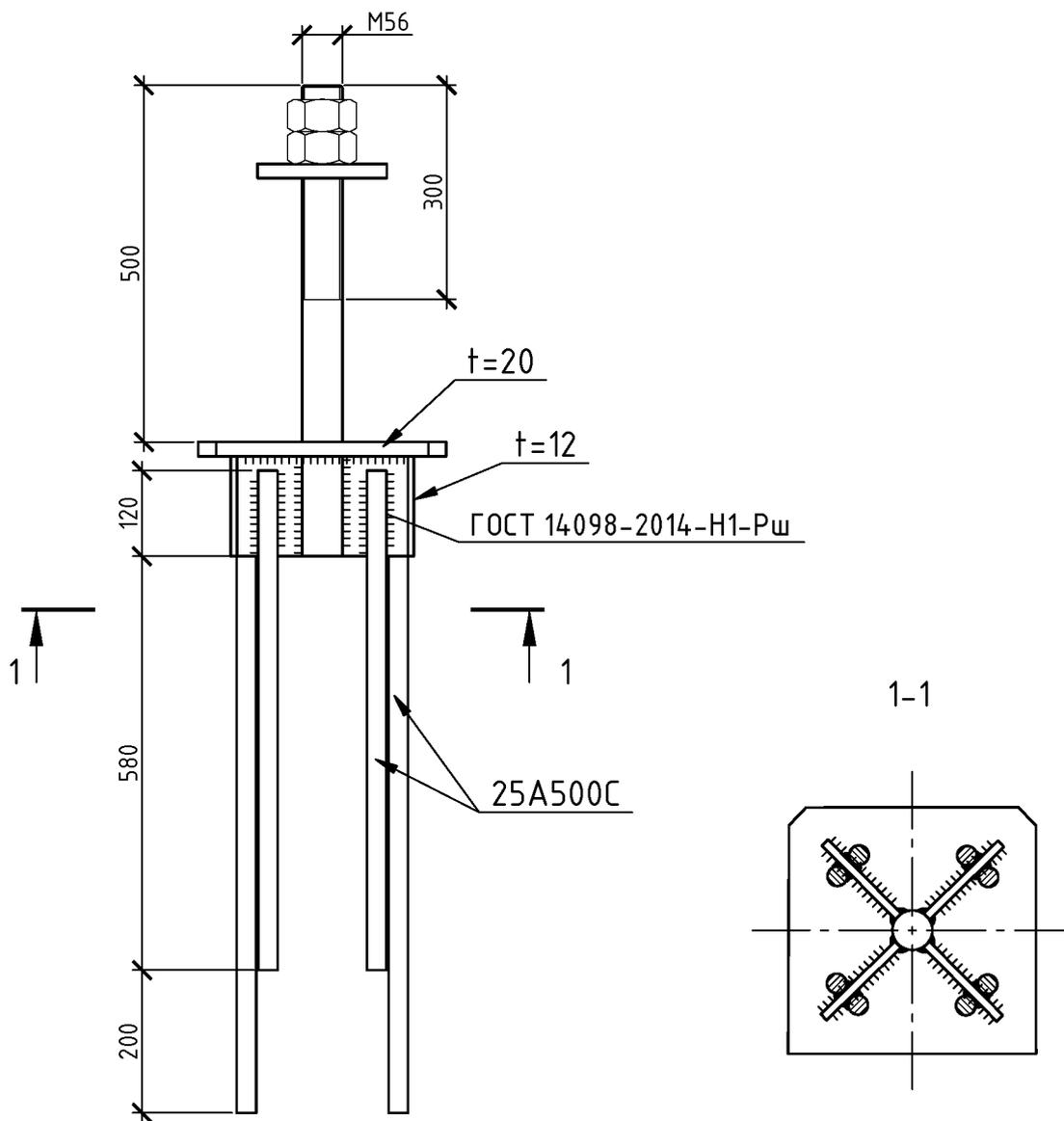


Рисунок 9.4.3 – Закладная деталь М4

Несущая способность анкерных стержней на растяжение составляет:

$$N = n * A_s * R_s = 8 * 4,909 * 4,43 = 173,9 \text{ т,}$$

где n – количество арматурных стержней, 8;

A_s – площадь поперечного сечения арматурного стержня, 4,909 см²;

R_s – расчётное сопротивление арматуры, 435 МПа=4,43 т/см².

Интв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Интв. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.003.1.1ПЗ

Лист

56

Длина анкерных стержней в бетоне составляет: 4 стержня - 580 мм, 4 стержня 780 мм. В расчёт принимается длина анкеровки 580 мм.

Базовая (основная) длина анкеровки, необходимая для передачи усилия в арматуре с полным расчетным значением сопротивления R_s на бетон, определяется по формуле:

$$l_{0,an} = \frac{R_s A_s}{R_{bond} u_s}$$

где R_s – расчётное сопротивление арматуры, 435 МПа=4,43 т/см²;

A_s - площадь поперечного сечения арматурного стержня, 4,909 см²;

R_{bond} – расчетное сопротивление сцепления арматуры с бетоном, принимаемое равномерно распределенным по длине анкеровки;

u_s – периметр поперечного сечения арматурного стержня, 7,85 см.

$$R_{bond} = \eta_1 \eta_2 R_{bt} = 2,5 * 1,0 * 1,15 = 2,875 \text{ МПа,}$$

где $\eta_1 = 2,5$ для горячекатаной арматуры периодического профиля;

$\eta_2 = 1,0$ – при диаметре арматуры $d_s \leq 32$ мм.

$$l_{0,an} = \frac{435 \cdot 4,909}{2,875 \cdot 7,85} = 94,6 \text{ см.}$$

Усилие, воспринимаемое анкеруемым стержнем арматуры:

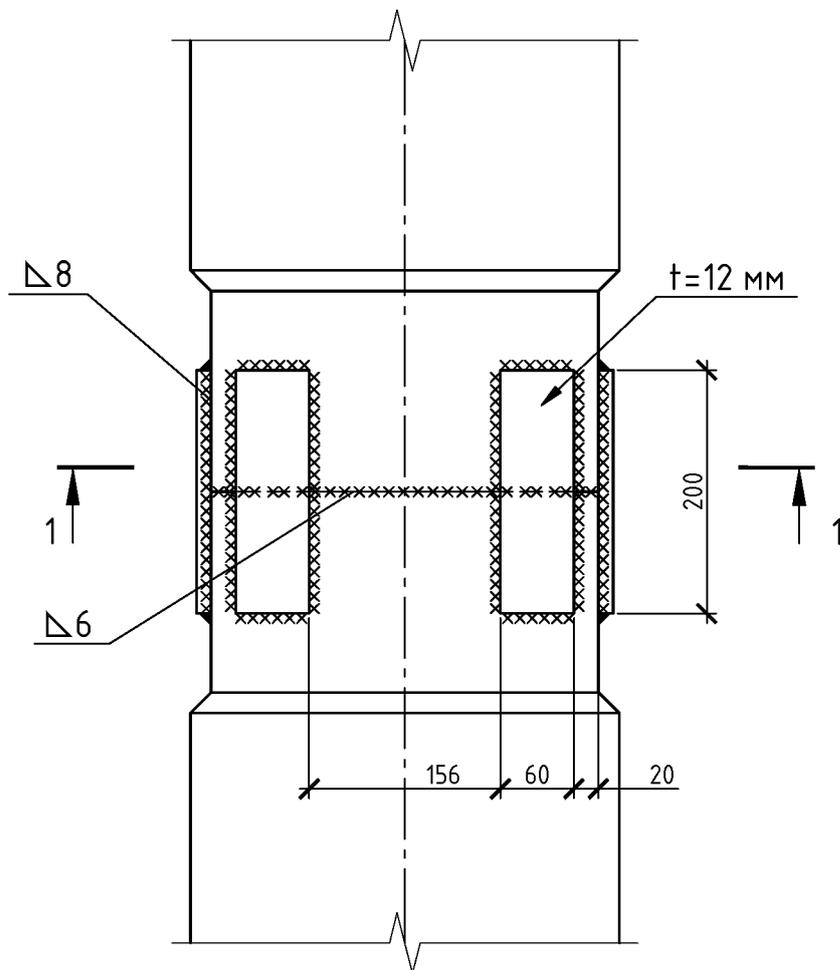
$$N_s = R_s A_s \frac{l_s}{\alpha_1 l_{0,an}} = 4,43 \cdot 4,909 \cdot \frac{58}{94,6} = 13,3 \text{ т.}$$

Усилие, воспринимаемое всеми восемью анкерными стержнями арматуры закладной детали М4: $8 * 13,3 = 106,4$ т.

Схема сварки секций свай четвёртого типа армирования представлена на рис. 9.4.4.

Инт. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инт. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	22.003.1.1ПЗ	Лист
						57



1-1

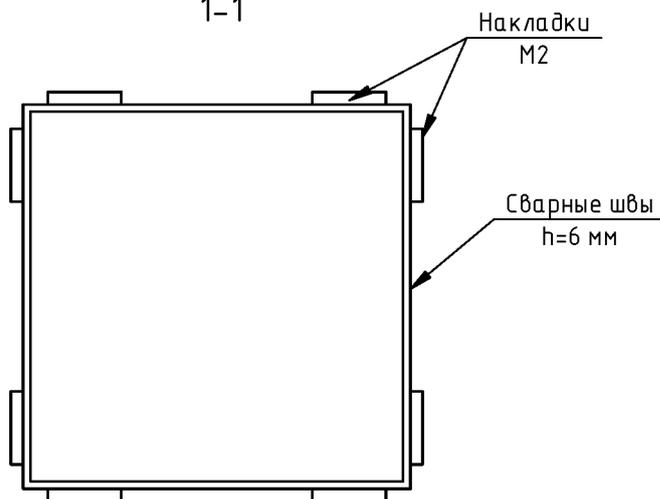


Рисунок 9.4.4 – Схема сварки секций свай четвёртого типа армирования

Соединение секций свай выполняется при помощи сварки по контуру касания секций высотой шва 6 мм, а также приварки накладок М2. Закладные детали и накладки выполнены из стали С245 ГОСТ 27772. Сварка производится электродами Э50А ГОСТ 9466. Временное сопротивление металла сварных швов

Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инва. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.003.1.1ПЗ

Лист

58

$R_{wun}=490$ МПа превышает временное сопротивление металла закладных деталей и накладок $R_{un}=370$ МПа – расчётное сопротивление металла в поперечном сечении сварного соединения принимается по металлу закладных деталей и накладок $R_y=240$ МПа.

Нормальные напряжения в узле соединения секций свай рассчитаны в программе Конструктор сечений расчётного комплекса SCAD Office. Принятое (максимально допускаемое) в расчёте сочетание усилий в сечении и распределение нормальных напряжений представлено на рис. 9.4.5:

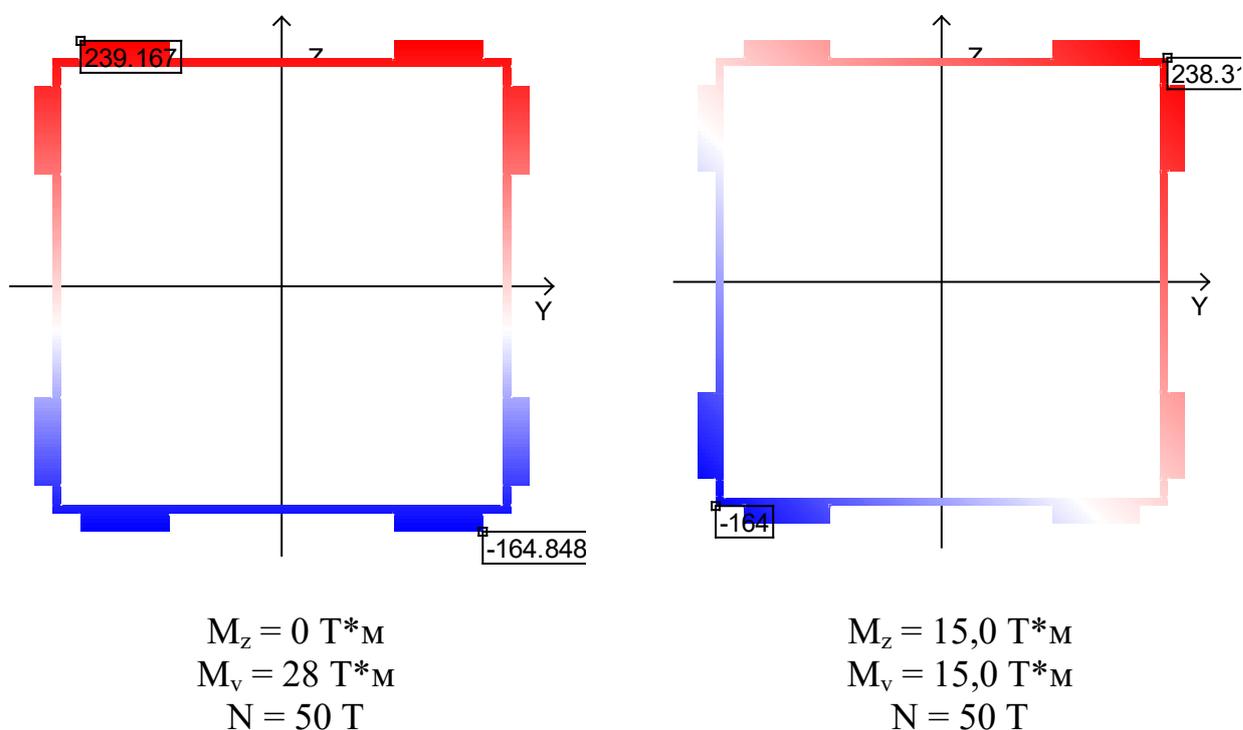


Рисунок 9.4.5 – Принятое в расчёте сочетание усилий в сечении узла стыковки и распределение напряжений, МПа

Нормальные напряжения в соединении секций свай при принятых сочетаниях усилий (см. рис. 9.4.5) не превышают расчётного сопротивления стали $R_y=240$ МПа.

Несущая способность накладки М2 из стали С245 с расчётным сопротивлением $R_y=240$ МПа = 2,44 т/см² на растяжение-сжатие составляет:

$$1,2 \cdot 6,0 \cdot 2,44 = 17,57 \text{ т.}$$

Изн. № подл.				
Подп. и дата				
Взам. инв. №				
Изн. № дубл.				
Подп. и дата				

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.003.1.1ПЗ

Лист

59

Расчёт сварного соединения накладок М2 с угловыми швами, при действии силы N , проходящей через центр тяжести соединения, выполняется на срез (условный) по металлу шва, так как:

$$\frac{\beta_f R_{wf}}{\beta_z R_{wz}} = \frac{0,7 \cdot 215}{1,0 \cdot 166} = \frac{150}{166} < 1,0$$

где R_{wf} – расчётное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу шва, $215 \text{ МПа} = 2,19 \text{ т/см}^2$;

R_{wz} – расчётное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу границы сплавления, $R_{wz} = 0,45 R_{un} = 0,45 \cdot 370 = 166 \text{ МПа} = 1,69 \text{ т/см}^2$;

β_f, β_z – коэффициенты, принимаемые по таблице 39 СП 16.13330.

Несущая способность сварных швов накладок по металлу шва обеспечивается, если выполняется условие:

$$\frac{N}{\beta_f k_f l_w R_{wf} \gamma_c} < 1,0,$$

где $N = 14,64 \text{ т}$ – несущая способность накладки на растяжение-сжатие;

k_f – катет сварного шва, 8 мм ;

l_w – расчётная длина сварного шва, равная суммарной длине всех его участков за вычетом по 1 см на каждом непрерывном участке шва, 22 см .

$$\frac{N}{\beta_f k_f l_w R_{wf} \gamma_c} = \frac{17,57}{0,7 \cdot 0,8 \cdot 22 \cdot 2,19 \cdot 1,0} = 0,65 < 1$$

- несущая способность сварных швов накладки обеспечена.

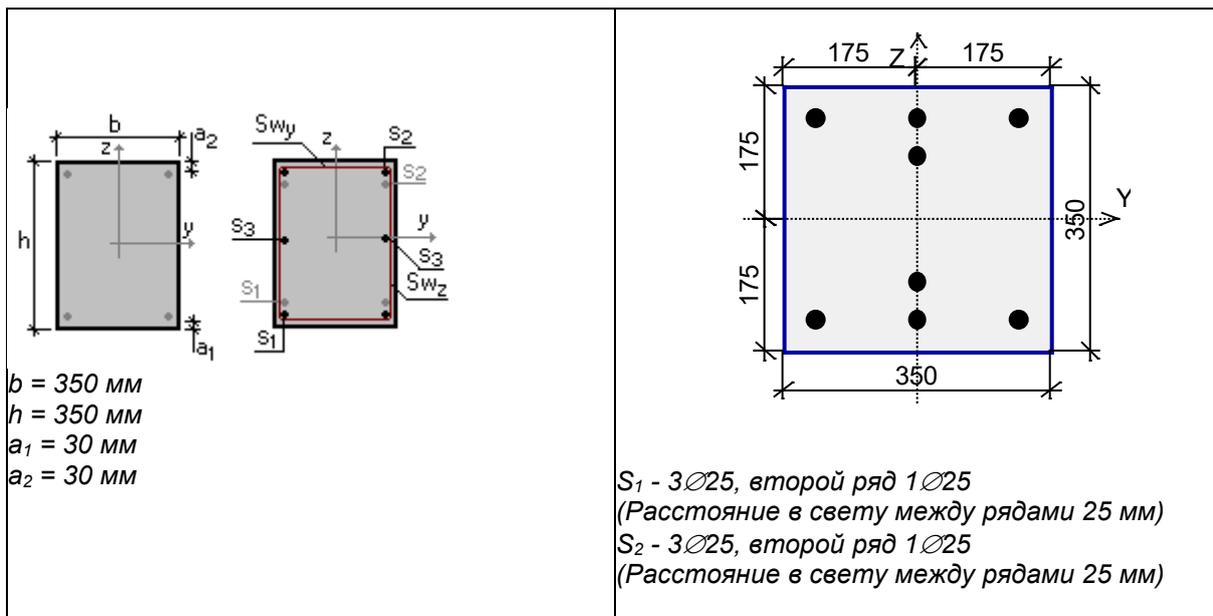
Справочная информация по геометрическим характеристикам сечений свай

Сваи третьего типа армирования армируются 8 стержнями 25А500С ГОСТ 34028 (см. рис. 9.4.1) на всей длине, за исключением нижнего участка длиной 2 м , на котором армирование производится 4 стержнями 25А500С ГОСТ 34028 по углам поперечного сечения. Бетон В30 ГОСТ 26633. Защитный слой бетона составляет 30 мм .

Инт. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инт. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

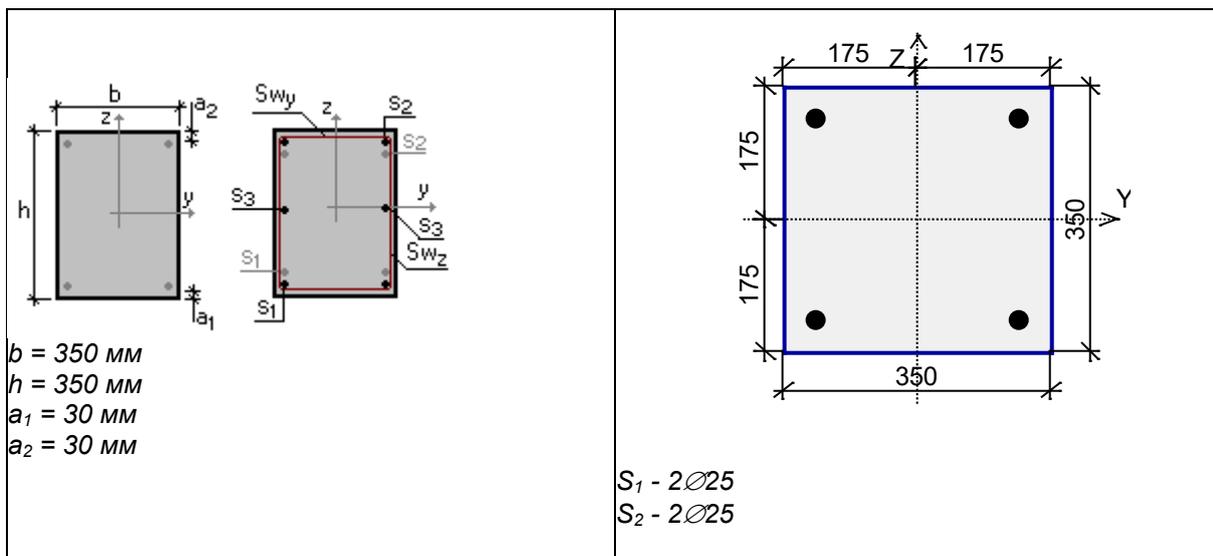
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	22.003.1.1ПЗ	Лист
						60

Сечение с 8 стержнями 22A500С



A_{red}	Площадь приведенного сечения	1427.402	см ²
I_{red}	Момент инерции приведенного сечения	155162.049	см ⁴

Сечение с 4 стержнями 22A500С



A_{red}	Площадь приведенного сечения	1326.201	см ²
I_{red}	Момент инерции приведенного сечения	142826.841	см ⁴

Изн. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Изн. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.003.1.1ПЗ

Нормативные ссылки

СП 16.13330.2017	«Стальные конструкции»;
СП 28.13330.2017	«Защита строительных конструкций от коррозии»;
СП 63.13330.2018	«Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»;
ГОСТ 9.307-2021	«Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля»;
ГОСТ Р 9.316-2006	«Покрытия термодиффузионные цинковые. Общие требования и методы контроля»;
ГОСТ 380-2005	«Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки»;
ГОСТ 535-2005	«Прокат сортовой фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества»;
ГОСТ 6727-80	«Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия»;
ГОСТ 9467-75	«Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. Типы»
ГОСТ 14098-2014	«Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры»;
ГОСТ 26633-2015	«Бетоны тяжёлые и мелкозернистые. Технические условия»;
ГОСТ 27772-2015	«Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия»;
ГОСТ 31384-2017	«Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования»;
ГОСТ 34028-2016	«Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия»;

Инт. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Интв. № дубл.	Подп. и дата					Лист
									62
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	22.003.1.1ПЗ				

