



С.В. Шоком

СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

с примерами и разъяснениями

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ НЕСУЩИХ СИСТЕМ

ЖИЛЫЕ И АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ЗДАНИЯ

в сейсмических районах

и районах без вечномёрзлых грунтов

ЧАСТЬ 5

ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ.

ПЛИТНЫЙ ФУНДАМЕНТ.

СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.

Тестовая версия 2.0. Декабрь 2024.

Москва

2024

УДК 624.943:51-74

ББК 38.2.

ISBN 978-5-9303-937-9

Автор является главным конструктором АО «КТБ Железобетон» и создал справочник с использованием лицензионного ПО для обучения специалистов компании.

Справочник содержит подробную информацию о проектировании железобетонных несущих систем.

Цель настоящего справочника: расписать ответы на наиболее частые вопросы, свести все требования норм в одно место и постараться дать шаблоны для формирования расчетно-конструктивного раздела в максимально простой форме.

Всего разрабатывается 22 части. Каждая часть пишется около двух месяцев. На ноябрь 2024 года написано 5 частей.

Контакты автора: 12345slava54321@mail.ru, +79057868019

<https://дом-ждк.рф/>

Шокот С.В. Справочник конструктора. Расчет и проектирование железобетонных несущих систем. Жилые и административные здания. Электронное издание – Москва, 2024.

© Шокот С.В., 2024



Содержание

	Стр.
Термины и определения	4
1. Результаты инженерно-геологических изысканий (ИГИ)	5
1.1. Таблицы характеристик грунта	5
1.2. Количество и глубина скважин	8
1.3. Посадка здания. Глубина заложения фундамента	13
1.4. Предельно допустимые осадки	21
2. Плитный фундамент	23
2.1. Определение расчетного сопротивления грунта.	23
2.2. Алгоритм расчета коэффициентов постели в программе	28
2.3. Финальные проверки. Результаты проверки. Выводы	66
3. Свайный фундамент	72
3.1. Определение несущей способности свай	72
3.2. Требования по заделке нижних концов свай в грунт	90
3.3. Шарнирное и жесткое сопряжение свай с фундаментом	91
3.4. Расстояние между сваями	93
3.5. Назначение испытываемых свай и расстояние между испытываемыми сваями	94
3.6. Алгоритм расчета в программе	96
3.7. Работа свай на горизонтальную нагрузку. Моменты в сваях	125
3.8. Определение расчетной длины сваи	129
3.9. Финальные проверки. Результаты проверки. Выводы	132
4. Особенности расчета осадок и учет влияния соседних зданий	141
5. Просмотр глубины расчетной глубины сжимаемой толщи H_c	142
6. Комбинированный свайно-плитный фундамент	147
7. Работа грунта при динамических воздействиях (пульсация, сейсмика, оборудование)	149
8. Опасные геологические процессы	151
9. Вечномерзлые грунты	156
Приложение А. Пример определения расчетного сопротивления грунта под подошвой фундамента R	157
Приложение Б. Пример подбора висячей сваи	160
Приложение В. Пример подбора сваи-стойки	166
Приложение Г. Пример определения расчетной длины сваи	172

Термины и определения:

Рекомендуемое значение автором (р.з.А.) – не обязательное к выполнению значение. Данное значение получено исходя из массового проектирования аналогичных объектов и обобщения многочисленных требований норм в запас надежности.

Рекомендуемое значение нормами (р.з.Н.) – не обязательное к выполнению значение по нормам.

Минимальное/максимальное значение (формулировки не менее/не более) – обязательное к выполнению значение.

Ростверк – распределительная балка или плита, объединяющая головы свай и перераспределяющая на них нагрузку от вышерасположенных конструкций.

Дисперсный грунт – грунт, состоящий из отдельных минеральных частиц (зерен) разного размера, слабосвязанных друг с другом.

Дисперсные грунты несвязные – крупнообломочные и песчаные.

Дисперсные грунты связные – глинистые, пылеватые, илы, сапрпели, заторфованные грунты, торф.

1. Результаты инженерно-геологических изысканий (ИГИ)

1.1. Таблицы характеристик грунта

Проведение инженерно-геологических изысканий регламентировано СП 47.13330.2016 и СП 446.1325800.2019.

В результате инженерно-геологических изысканий для инженера-конструктора составляется таблица физико-механических свойств грунтов, делаются инженерно-геологические разрезы, приводятся данные об инженерно-геологических процессах.

Свойства грунтов применяют в зависимости от того по какой группе предельных состояний (1 и 2 ГПС) ведется расчет.

В соответствии с п 5.3.17 СП 22 доверительную вероятность расчетных значений характеристик грунтов принимают равной при расчетах оснований по первой группе предельных состояний (1 ГПС) 0,95, по второй группе - 0,85 (2 ГПС).

Справочная таблица 1. Виды расчетов при различной доверительной вероятности

Вид расчета	Доверительная вероятность $\alpha = 0,85$	Доверительная вероятность $\alpha = 0,95$
	2 ГПС	1 ГПС
	Нормативные длительные нагрузки	Расчетные нагрузки во всех сочетаниях
Расчет осадок, относительной разности осадок	+	
Определение коэффициента постели	+	
Определение жесткости свай	+	
Определение расчетного сопротивления грунта	+	
Несущая способность свай		+

Таблица-пример 1. Пример результатов определения физико-механических свойств грунтов

№ п/п	Наименование грунта	Плотность ρ , г/см ³			Удельное сцепление c , кПа			Угол вн. трения φ , град.			Модуль деформации E , МПа *	Природная влажность W	Число пластичности I_p	Показатель текучести I_L	Коэффициент пористости e	Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³
		Нормативное значение	Доверительная вероятность $\alpha = 0,85$	Доверительная вероятность $\alpha = 0,95$	Нормативное значение	Доверительная вероятность $\alpha = 0,85$	Доверительная вероятность $\alpha = 0,95$	Нормативное значение	Доверительная вероятность $\alpha = 0,85$	Доверительная вероятность $\alpha = 0,95$						
Грунты из 3 части справочника (приведены при определении давления грунта на подпорные стены)																
1	Песок гравелистый и крупный плотный	1,90	1,89	1,88	1,5	0,5	0	41	40	39	45	0,08	-	-	0,5	2,65
2	Песок средней крупности средней плотности	1,87	1,86	1,85	2	1	1	38	37	36	40	0,09	-	-	0,55	2,65
3	Песок мелкий средней плотности	1,86	1,85	1,84	3	2	1	34	33	32	33	0,12	-	-	0,6	2,65
4	Песок пылеватый средней плотности	1,84	1,83	1,82	4	3	2	30	29	28	18	0,14	-	-	0,65	2,65
5	Супесь твердая	1,79	1,78	1,77	42	41	40	28	27	26	25	0,16	3	0	0,75	2,70
6	Супесь пластичная	1,89	1,88	1,87	40	39	38	27	26	25	16	0,19	5	0,375	0,7	2,70
7	Суглинок полутвердый	1,75	1,74	1,73	53	52	51	21	20	19	21	0,19	12	0,125	0,85	2,71
8	Суглинок тугопластичный	1,63	1,62	1,61	43	42	41	19	18	17	13	0,14	13	0,375	0,9	2,71
9	Суглинок мягкопластичный	1,59	1,58	1,57	32	31	30	18	17	16	11	0,14	14	0,625	0,95	2,71
10	Глина полутвердая	1,84	1,83	1,82	58	57	56	18	17	16	17	0,25	25	0,125	0,85	2,73
11	Глина тугопластичная	1,97	1,96	1,95	48	47	46	15	14	13	12	0,3	27	0,375	0,8	2,73
Насыпные грунты																
12	Насыпной грунт: песок со строительным мусором). Слежавшийся.	1,84	1,83	1,82	0	0	0	26	25	24	10	0,1	-	-	0,65	2,65
13	Насыпной грунт: суглинок со строительным мусором. Слежавшийся.	1,59	1,58	1,57	5	3	2	15	14	13	11	0,14	14	0,625	0,95	2,71
<p>*Примечание: для геотехнической категории 3(см. справочную таблицу) всегда определяется дополнительный модуль упругости грунта по ветви вторичного нагружения записывается под чертой, например, $\frac{45}{225}$. Примерное соотношение между первичным и вторичным модулем лежит в диапазоне от 2...5.</p> <p>Пояснение про вторичное нагружение для грунта. Нужно представить ситуацию, Грунт загрузили в первый раз (1 загрузение), он получил деформации, а после чего с него была снята нагрузка. Затем грунт нагрузили повторно (2 загрузение). Поскольку грунт уплотнился еще на 1 загрузении до того, как к нему приложили повторно нагрузку (2 загрузение), его деформирование будет существенно меньше (а модуль деформации будет существенно больше). Это будет наблюдаться до того момента пока нагрузка загрузения 2 сравняется с нагрузкой загрузения 1, затем грунт будет деформироваться с обычным модулем деформации.</p>																

Справочная таблица 2. Коэффициент Пуассона (коэффициент поперечной деформации)

Грунт	Коэффициент Пуассона по ГОСТ 20276-2012 (п. 5.5.2)	Коэффициент Пуассона по СП 23.13330. (п. 5.22)
Крупнообломочный	0,27	0,27
Песок и супесь	0,3	0,3-0,35
Суглинки	0,35	0,35-0,37
Глины		
$I_L < 0$	0,42	0,2-0,3
$0 < I_L \leq 0,25$	0,42	0,3-0,38
$0,25 < I_L$	0,42	0,38-0,45

Таблица-пример 2. Свойства скальных грунтов для модели Нюк-Вронн (характеристики для Plaxis/Midas). Известняки г. Москва.

Наименование грунта	Влажность природная	Плотность грунта, г/см³	Предел прочности при одноосном сжатии, МПа		Деформационные характеристики		Угол дилатансии при $\sigma_3=0$, град	Абсолютное значение всестороннего давления при $\sigma_\psi = \sigma_3$ при $\psi=0$, МПа	Коэффициент нарушения	Геотехнический индекс прочности, %	Параметр ненарушенной породы
			В воздушно сухом состоянии,	В водонасыщенном состоянии	Модуль деформации, МПа	Коэффициент Пуассона					
	W	ρ	$R_{сжк}$	R_c	E	ν	ψ	σ_3	D	GSI	mi
Известняк малопрочный, среднетрещиноватый СЭрг	0,062	2,25	16,6	9,3	2500	0,27	18,7	4,784	0,5	35	12
Известняк средней прочности, среднетрещиноватый, СЭрг	0,037	2,39	55,8	39,8	14150	0,22	19,5	20,004	0,5	45	14
Известняк малопрочный, среднетрещиноватый СЭрт	0,065	2,28	18,2	12,1	4250	0,3	15,9	5,599	0,5	30	10
Известняк малопрочный, слаботрещиноватый, С2-Эмс-sv	0,085	2,17	17,0	10,3	3250	0,28	20,5	3,929	0,5	40	13

Таблица-пример 3. Определение расчетного сцепления и угла внутреннего трения по табл. 4 СП 23.13330. для стандартных расчетов настоящего справочника

Наименование грунта	Сцепление c_1 , МПа Доверительная вероятность $\alpha = 0,95$	Сцепление c_{11} , МПа Доверительная вероятность $\alpha = 0,85$	$tg\phi_1$ Доверительная вероятность $\alpha = 0,95$	$tg\phi_{11}$ Доверительная вероятность $\alpha = 0,85$	Угол внутреннего трения ϕ_1 Доверительная вероятность $\alpha = 0,95$	Угол внутреннего трения ϕ_{11} Доверительная вероятность $\alpha = 0,85$
Известняк малопрочный, среднетрещиноватый, СЭрг	0,05	0,0625	0,65	0,8125	33	39
Известняк средней прочности, среднетрещиноватый, СЭрг						
Известняк малопрочный, среднетрещиноватый, СЭрт						
Известняк малопрочный, слаботрещиноватый, С2-Эмс-sv						

1.2. Количество и глубина скважин

Справочная таблица 3. (Таблица 7.3. СП 446.1325800.2019 и п. 10.13 СП 22.13330.2016)

Категория сложности инженерно-геологических условий	Расстояния между инженерно-геологическими скважинами, м, для зданий и сооружений уровней ответственности	
	Повышенного (КС-3)	Нормального (КС-2)
I (простая)	75-50	100-75
II (средняя)	40-30	50-40
III (сложная)	25-20	30-25
Данные по категории отсутствуют и выполняются предпроектные изыскания	Не более 50м (п. 10.13 СП 22). После уточнения категории сложности и производства предварительных расчетов здания проводят дополнительные изыскания. Всего на предпроектной стадии должно быть не менее 2х скважин на противоположных сторонах (для прямоугольной площадки 4 скважины)	

При наличии в основании зданий и сооружений грунтов, характеризующихся неоднородным составом и состоянием, изменчивой мощностью, а также опасных геологических процессов и иных факторов, влияющих на устойчивость проектируемых объектов, расстояния между скважинами допускается принимать **менее 20 м**.

В соответствии с п. 10.14 СП 22. **для зданий выше 75м** количество инженерно-геологических скважин на проектной стадии должно быть **не менее пяти**: четыре по углам и одна в центре территории.

На высотные корпуса по опыту проектирования, похожие на рассматриваемый в настоящем справочнике повышенной ответственности (КС-3) в большинстве случаев делается по 9 скважин.

Справочная таблица 4. Категории сложности инженерно-геологических условий (таблица Г.1 СП 47.13330.2016)

Фактор	Категория сложности инженерно-геологических условий		
	I (простая)	II (средняя)	III (сложная)
Геоморфологические условия (это совокупность данных о рельефе, его внешнем облике, происхождении, истории развития, современной динамике и закономерностях распространения).	Площадка (участок) в пределах одного геоморфологического элемента. Поверхность горизонтальная, нерасчлененная.	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов одного генезиса . Поверхность наклонная, слабо расчлененная .	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов разного генезиса . Поверхность сильно расчлененная .
Геологические в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Не более двух слоев грунтов различных подвидов, залегающих горизонтально или слабо наклонно (уклон не более 0,1). Мощность выдержана по простиранию. Незначительная степень неоднородности слоев по показателям свойств грунтов, закономерно изменяющихся в плане и по глубине. Скальные грунты залегают с поверхности или перекрыты маломощным слоем нескальных грунтов.	Не более четырех слоев грунтов различных подвидов, залегающих наклонно или с выклиниванием. Мощность изменяется закономерно. Существенное изменение характеристик свойств грунтов в плане или по глубине. Скальные грунты имеют неровную кровлю и перекрыты нескальными грунтами.	Более четырех слоев грунтов различных подвидов. Мощность резко изменяется. Линзовидное залегание слоев. Значительная степень неоднородности по показателям свойств грунтов , изменяющихся в плане или по глубине . Скальные грунты имеют сильно расчлененную кровлю и перекрыты нескальными грунтами. Имеются разломы разного порядка.

**ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ
ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.**

Фактор	Категория сложности инженерно-геологических условий		
	I (простая)	II (средняя)	III (сложная)
Гидрогеологические в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Подземные воды отсутствуют или имеется один выдержанный горизонт подземных вод с однородным химическим составом.	Два и более выдержанных горизонтов подземных вод , местами с неоднородным химическим составом или обладающих напором и содержащих загрязнение.	Горизонты подземных вод не выдержаны по простиранию и мощности , с неоднородным химическим составом или разнообразным загрязнением. Местами сложное чередование водоносных и водоупорных пород. Напоры подземных вод и их гидравлическая связь изменяются по простиранию.
Геологические и инженерно-геологические процессы, отрицательно влияющие на условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений (<i>подробнее см. СП 116 или конец настоящего справочника</i>)	Отсутствуют	Имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов.	Имеют широкое распространение и (или) оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов.
Многолетнемерзлые и специфические грунты в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Отсутствуют	Имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов.	Имеют широкое распространение и (или) оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов.
Техногенные воздействия и изменения Освоенных территорий	Незначительные и могут не учитываться при инженерно-геологических изысканиях и проектировании	Не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений и проведение инженерно-геологических изысканий	Оказывают существенное влияние на выбор проектных решений и осложняют выполнение инженерно-геологических изысканий в части увеличения их состава и объемов работ.
Примечание - Категории сложности инженерно-геологических условий следует устанавливать по совокупности факторов. Если какой-либо отдельный фактор относится к более высокой категории сложности и является определяющим при принятии основных проектных решений, то категорию сложности инженерно-геологических условий следует устанавливать по этому фактору.			

Справочная таблица 5. Геотехническая категория (таблица 4.1 СП 22)

Категория сложности инженерно-геологических условий (в соответствии с таблицей Г.1 СП 47.13330)	Геотехническая категория в соответствии с уровнем ответственности сооружений (в соответствии с ГОСТ 27751)			
	КС-3 (повышенный)	КС-2 (нормальный)	КС-1 (пониженный)	КС-3, КС-2, КС-1 При наличии -свайных фундаментов при длине свай более 40 м - свай, прорезающих хотя бы один слой скальных грунтов. (п.4.5. СП 24)
I (простая)	3	2	1	3
II (средняя)	3	2	1	3
III (сложная)	3	3	2	3



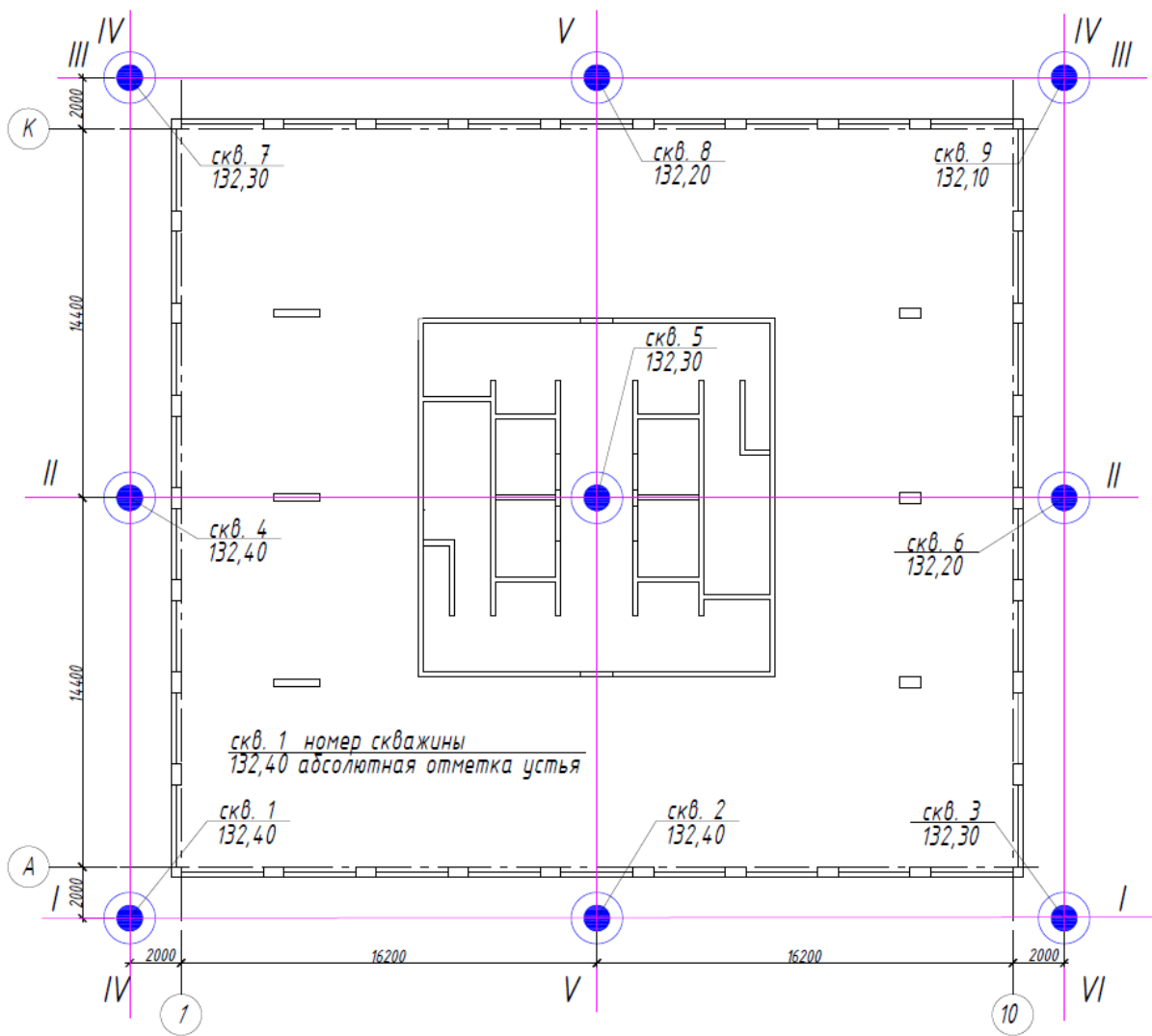


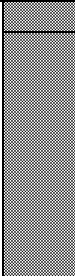

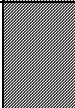



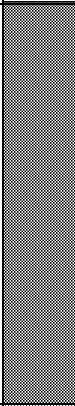

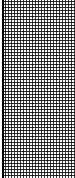





Таблица – пример 4. Описание скважины №4.

						Абс. отм. 132.4 Глубина 60	
№ ИГЭ	Абсолютная отметка низа ИГЭ	Глубина заложения, м	Мощность, м	Описание грунтов			Глубина подз. вод (м) Появление установившегося уровня
1	129,50	2,9	2,9	Насыпной грунт: песок со строительным мусором)			4,15
2			15,5	Песок средней крупности, средней плотности			
3	114,00	18,4					33,1
3	109,00	23,4	5	Суглинок полутвердый			
4			9,7	Глина тугопластичная			
5	99,30	33,1					33,1
5			23,3	Песок крупный плотный			
6	76,00	56,4					33,1
6	64,00	70	13,6	Известняк малопрочный среднетрещиноватый			

Примечание:

	Черный цвет: наличие воды
	Белый цвет: отсутствие воды

Справочная таблица 6. Рекомендуемая минимальная глубина скважин

При среднем давлении под подошвой 400...600кПа минимальная глубина скважин принимается по 1,2,3 условию.

При давлении под подошвой до 400кПа минимальная глубина скважин принимается по 2,3 условию.

Ширина подошвы фундамента	1 условие	2 условие	3 условие (в пересчете п. 5.6.41 СП 22 на $1,5H_c$)
$b = 10$ м и менее	Для квадратного $d + (1,5 \dots 2)b$ Для прямоугольного $d + (1,7 \dots 2)b$ (р.з.А)	Не менее $1,5H_c + d$ (приведено в п. 10.15 СП 22 для зданий высотой более 75м, хотя для остальных высот тоже допустимо использовать)	$7,5 + d$
$b = 10 \dots 20$ м	Для квадратного $d + (1,3 \dots 1,6)b$ Для прямоугольного $d + (1,6 \dots 1,8)b$ (п. 10.15 СП 22)		$9 + d$
$b = 20 \dots 30$ м	Для квадратного $d + (1,0 \dots 1,2)b$ Для прямоугольного $d + (1,2 \dots 1,4)b$ (п. 10.15 СП 22)		$10,5 + d$
$b = 30 \dots 40$ м	Для квадратного $d + (0,9 \dots 1,05)b$		$12 + d$
$b = 40 \dots 60$ м	Для прямоугольного $d + (1,0 \dots 1,25)b$		$15 + d$
$b = 60$ м и более	(п. 10.15 СП 22)		$15 + d$
Примечание: В прямоугольном фундаменте принято соотношение длины к ширине b равное 2. H_c - расчетная глубина сжимаемой толщи (определяется расчетом, далее будет показано, где ее можно посмотреть) d - глубина заложения плитного фундамента <u>или</u> глубина до низа свай!			

Справочная таблица 7. Примерное давление под подошвой в зависимости от высоты здания (для стандартных фундаментных плит)

Высота надземной части, м	Давление под подошвой, кПа
25	150
50	250
75	400
100	550
125	700
150	850
175	1000
200	1150

1.3. Посадка здания. Глубина заложения фундамента.

Глубина заложения фундамента диктуется:

- архитектурными решениями (подземные этажи с кладовками и парковками);
- технологическими решениями (подвод коммуникаций в большинстве случаев осуществляется над фундаментом);
- от вида грунта основания, глубины промерзания и высоты грунтовых вод.

Справочная таблица 8. Определение глубины заложения фундамента в зависимости от грунта (Таблица 5.3. СП 22).

Грунты под подошвой фундамента	Глубина заложения фундаментов в зависимости от глубины расположения уровня подземных вод d_w , м, при	
	$d_w \leq d_f + 2$	$d_w > d_f + 2$
Скальные, крупнообломочные с песчаным заполнителем, пески гравелистые, крупные и средней крупности	Не зависит от d_f , при этом указанные грунты должны идти не менее чем на d_{fn}	Не зависит от d_f , при этом указанные грунты должны идти не менее чем на d_{fn}
Пески мелкие и пылеватые	Не менее d_f	Не зависит от d_f , при этом указанные грунты должны идти не менее чем на d_{fn}
Супеси с показателем текучести $I_L < 0$	Не менее d_f	Не зависит от d_f , при этом указанные грунты должны идти не менее чем на d_{fn}
Супеси с показателем текучести при $I_L \geq 0$	Не менее d_f	Не менее d_f
Суглинки, глины, а также крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем при показателе текучести грунта или заполнителя при $I_L \geq 0,25$	Не менее d_f	Не менее d_f
Суглинки, глины, а также крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем при показателе текучести грунта или заполнителя при $I_L < 0,25$	Не менее d_f	Не менее $0,5d_f$
<p>d_w принимается с учетом:</p> <ul style="list-style-type: none"> - естественных сезонных и многолетних колебаний уровней подземных вод; - техногенных изменений уровней подземных вод; - возможности образования "верховодки". 		

$$d_f = k_n d_{fn} \text{ (формула 5.4. СП 22)}$$

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t} \text{ (формула 5.3. СП 22)}$$

При $d_{fn} > 2,5$ м, а также в горных районах d_{fn} определяется в соответствии с требованиями СП25.13330.

Справочная таблица 9. Определение d_0 (п. 5.5.3 СП 22).

Грунт	Значение d_0 , м
Глина и суглинок	0,23
Пески мелкие и пылеватые	0,28
Пески гравелистые, крупные и средней крупности	0,3
Крупнообломочные грунты	0,34

Справочная таблица 10. Определение k_h (таблица 5.2. СП 22).

Особенности сооружения	Коэффициент k_h при расчетной среднесуточной температуре воздуха в помещении, примыкающем к наружным фундаментам, °С				
	0	5	10	15	20 и более
Без подвала с полами, устраиваемыми:					
по грунту	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
на лагах по грунту	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
по утепленному цокольному перекрытию	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7
С подвалом или техническим подпольем	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4

Примечания:
 1 Приведенные в таблице значения коэффициента k_h относятся к фундаментам, у которых расстояние от внешней грани стены до края фундамента $a_f < 0,5$ м; если $a_f \geq 1,5$ м, значения коэффициента k_h повышают на 0,1, но не более чем до значения $k_h = 1$; при промежуточном значении a_f значения коэффициента k_h определяют интерполяцией.
 2 К помещениям, примыкающим к наружным фундаментам, относятся подвалы и технические подполья, а при их отсутствии – помещения первого этажа.
 3 При промежуточных значениях температуры воздуха коэффициент k_h принимают с округлением до ближайшего меньшего значения, указанного в таблице.

M_t – безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за год в данном районе, принимаемых по СП 131.13330

Для Москвы

$$M_t = 7,8 + 6,9 + 1,3 + 0,8 + 5,2 = 22$$

**ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ
ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.**

Справочная таблица 11. Определение среднемесячной отрицательной температуры (Таблица 5.1. СП 131).

Населенный пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Республика Адыгея (Адыгея)													
Майкоп	-0,2	0,9	5,7	11,9	16,3	20,2	23,0	22,8	18,0	11,5	6,1	1,8	11,7
Республика Алтай													
Катанда	-21,2	-17,3	-7,8	3,4	9,9	14,6	16,0	13,8	8,1	0,8	-10,0	-18,7	-0,7
Кош-Агач	-27,6	-23,6	-11,9	0,2	7,0	13,0	14,7	12,6	6,4	-2,7	-15,4	-24,5	-4,3
Онзудай	-19,3	-15,7	-5,6	4,4	10,6	15,5	17,0	14,6	8,8	1,5	-9,0	-17,0	0,5
Яйлу	-8,3	-7,8	-2,6	4,1	9,7	14,6	17,1	15,5	10,2	4,2	-2,3	-6,3	4,0
Алтайский край													
Алейск	-16,1	-14,6	-6,9	4,8	13,0	18,6	20,5	17,7	11,4	3,9	-5,8	-12,9	2,8
Барнаул	-16,4	-14,5	-6,8	4,1	12,2	18,1	19,8	17,0	11,0	3,3	-6,5	-13,5	2,3
Бийск	-16,6	-14,8	-7,1	4,2	12,2	17,9	19,8	17,1	11,0	3,4	-6,4	-13,5	2,3
Змеиногорск	-14,5	-13,5	-6,7	4,5	12,3	17,7	19,3	16,9	11,2	4,0	-5,3	-11,9	2,8
Родино	-16,3	-15,3	-8,0	4,9	13,2	19,0	20,7	18,0	11,8	3,8	-6,1	-13,1	2,7
Ридзювск	-16,4	-15,0	-7,5	5,0	13,2	19,0	20,6	18,1	11,9	4,1	-5,8	-13,2	2,8
Славгород	-17,8	-16,3	-8,4	5,0	13,2	19,5	21,1	18,3	12,0	3,6	-6,8	-14,1	2,5
Тогул	-15,2	-13,7	-6,5	3,5	11,6	17,2	19,3	16,6	10,6	3,3	-6,2	-12,6	2,3
Амурская область													
Архара	-26,0	-20,5	-9,2	4,0	12,2	18,1	21,2	18,9	11,9	2,3	-11,4	-23,2	-0,1
Белогорск	-24,6	-19,2	-8,8	3,5	12,1	18,9	21,3	18,9	11,8	1,8	-12,4	-22,8	0,0
Благовещенск	-22,1	-17,2	-7,0	4,4	12,7	19,1	21,8	19,5	12,6	3,0	-10,2	-20,2	1,4
Боннак	-30,0	-23,8	-12,2	-0,3	8,7	15,6	18,2	15,7	8,6	-2,4	-19,0	-29,3	-4,2
Братовлюдовка	-26,2	-20,6	-10,2	2,8	11,2	17,7	20,3	18,0	11,0	1,1	-13,3	-24,3	-1,0
Бысса	-29,3	-23,4	-11,9	1,3	9,9	16,5	19,1	16,5	9,4	-0,8	-16,3	-27,5	-3,0
Ерофей Павлович	-27,6	-22,0	-13,0	-1,2	7,5	15,0	18,3	15,0	7,9	-3,4	-17,6	-26,3	-4,0
Завитинск	-26,9	-20,9	-11,6	1,3	9,7	16,7	20,3	18,1	11,3	1,1	-13,4	-24,0	-1,5
Зея	-25,1	-19,7	-9,5	2,1	10,8	17,7	20,3	17,5	10,0	-0,4	-15,4	-24,2	-1,3
Норск	-29,7	-23,7	-11,8	1,7	10,5	17,1	19,8	17,1	9,9	-0,3	-16,0	-27,9	-2,8
Полярково	-25,1	-19,5	-8,8	4,1	12,4	18,7	21,3	19,3	12,2	2,6	-10,9	-22,2	0,3
Свободный	-25,7	-20,3	-10,0	2,6	11,2	17,8	20,4	17,9	10,7	0,5	-14,0	-24,1	-1,1
Сковородино	-27,5	-23,1	-13,1	-0,5	8,6	15,3	18,0	14,9	7,4	-3,5	-18,6	-27,0	-4,1
Тында	-28,9	-23,7	-13,8	-1,6	7,7	15,0	17,6	14,5	6,6	-4,9	-20,1	-28,3	-5,0
Усть-Нюкжа	-31,0	-25,0	-13,9	-2,0	7,3	14,9	17,7	14,7	6,7	-4,7	-20,5	-30,1	-5,5
Черняево	-26,4	-21,5	-10,9	1,7	10,4	17,3	19,9	17,2	9,8	-0,6	-15,6	-24,9	-2,0
Шимановск	-25,4	-20,5	-10,4	1,8	10,5	17,4	19,9	17,3	10,0	-0,2	-14,6	-24,1	-1,5
Экимчан	-30,6	-24,2	-13,3	-1,4	7,5	14,4	17,3	14,9	7,7	-2,9	-18,1	-29,4	-4,8
Архангельская область													
Архангельск	-13,3	-11,7	-5,7	0,3	6,9	12,8	16,2	13,4	8,2	1,9	-4,5	-9,4	1,3
Емецк	-13,9	-12,1	-5,8	0,6	7,7	13,7	16,9	13,8	8,3	1,8	-4,8	-9,9	1,4
Каргополь	-12,4	-10,8	-4,9	1,9	9,1	14,3	17,1	14,3	8,8	2,4	-3,8	-8,7	2,3
Койнас	-16,9	-14,6	-7,2	-0,9	5,7	12,4	16,2	12,6	7,1	0,2	-7,1	-12,7	-0,4
Котлас	-13,9	-11,9	-4,8	2,4	9,3	14,6	17,4	14,4	8,6	2,0	-4,9	-10,4	1,9
Мезень	-14,6	-13,0	-7,1	-1,9	4,4	10,7	14,7	12,2	7,3	0,8	-5,9	-10,5	-0,2
Онега	-12,0	-10,6	-5,0	0,9	7,5	13,4	16,8	14,1	8,9	2,7	-3,4	-8,2	2,1
Шенкурск	-13,3	-11,4	-4,8	2,1	9,2	14,7	17,7	14,7	8,8	2,3	-4,5	-9,7	2,1
Астраханская область													
Астрахань	-4,7	-4,2	2,1	11,4	18,3	23,2	25,6	24,1	17,7	10,0	3,3	-1,9	10,4
Верхний Баскунчак	-7,4	-6,9	0,2	10,6	18,0	22,8	25,4	23,9	17,0	8,5	1,1	-4,4	9,1
Республика Башкортостан													
Белорецк	-14,9	-13,3	-6,2	3,2	10,8	15,3	16,8	14,5	8,9	1,7	-6,5	-12,8	1,5
Дубан	-14,3	-13,0	-5,8	3,5	11,2	15,9	17,7	15,3	9,7	2,2	-5,7	-11,7	2,1
Мелецэ	-14,0	-13,5	-6,0	5,7	14,2	18,6	20,3	18,2	12,2	4,1	-3,9	-10,9	3,7
Уфа	-13,7	-12,6	-5,3	5,4	13,4	17,7	19,5	17,2	11,4	3,9	-3,9	-10,9	3,5
Янаул	-14,2	-13,4	-6,3	3,6	12,0	16,7	18,8	16,2	10,4	3,1	-4,7	-11,1	2,6
Белгородская область													
Белгород	-6,5	-5,8	-0,6	8,5	15,2	18,4	20,3	19,4	13,5	7,0	0,3	-4,3	7,1
Брянская область													
Брянск	-7,3	-6,4	-1,1	7,2	13,9	17,0	18,6	17,4	11,9	5,6	-0,3	-4,7	6,0
Республика Бурятия													
Бабушкин	-15,3	-15,7	-8,6	-0,2	6,1	11,2	15,1	14,7	9,2	2,7	-4,3	-9,1	0,5
Баяндай	-28,6	-23,7	-14,1	-2,7	6,1	13,1	15,8	12,9	5,4	-4,9	-18,2	-26,9	-5,5
Барзунин	-27,4	-22,3	-10,5	0,6	8,6	15,8	18,7	16,2	8,7	-0,5	-12,0	-22,2	-2,2
Кяхта	-20,5	-16,3	-6,8	2,8	10,4	16,7	19,0	16,5	9,5	1,0	-9,4	-17,7	0,4
Монды	-19,6	-16,9	-9,6	-0,2	6,9	12,4	14,5	12,3	6,1	-1,3	-10,9	-16,9	-1,9
Нижнеангарск	-21,8	-20,2	-12,3	-2,2	5,3	12,4	16,5	15,2	8,4	-0,6	-10,7	-17,1	-2,2
Сосново-Озерское	-24,0	-20,1	-11,8	-1,9	5,6	14,1	16,8	14,1	6,9	-2,2	-13,1	-20,6	-3,0
Уакулт	-28,2	-23,8	-15,2	-4,8	4,2	11,9	14,9	12,1	4,5	-5,9	-18,2	-26,4	-6,2
Улан-Удэ	-23,6	-18,8	-7,8	2,4	10,3	17,2	19,8	17,0	9,5	0,4	-10,6	-19,6	-0,3
Хоринск	-25,9	-20,5	-9,5	1,0	9,2	16,5	18,8	16,0	8,4	-1,1	-12,1	-21,5	-1,7
Владимирская область													
Владимир	-9,6	-8,5	-2,6	5,7	12,9	16,6	18,7	16,8	10,9	4,4	-2,2	-7,0	4,7
Муром	-9,8	-9,1	-3,0	6,2	13,3	17,0	19,1	17,1	11,2	4,6	-2,1	-7,1	4,8
Волгоградская область													
Волгоград	-6,9	-6,4	-0,3	10,2	17,2	21,7	24,2	23,0	16,4	8,4	1,1	-4,2	8,7
Камышин	-8,7	-8,3	-2,4	8,7	16,4	20,9	23,2	21,6	15,4	7,2	-0,2	-5,9	7,3
Котельниково	-6,2	-5,9	-0,2	9,8	16,9	21,5	24,2	22,9	16,4	8,6	1,9	-3,2	8,9
Новоаннинский	-7,9	-7,6	-1,5	9,0	16,1	19,9	21,9	20,7	14,5	7,0	0,2	-5,1	7,3
Эльтон	-8,2	-7,9	-0,9	10,2	17,8	22,7	25,2	23,7	16,7	8,1	0,6	-5,2	8,6
Вологодская область													
Бабаево	-10,4	-9,3	-3,6	3,3	10,5	14,9	17,3	15,0	9,4	3,4	-2,5	-7,2	3,4
Вологда	-11,6	-10,2	-4,2	3,4	10,7	15,0	17,4	15,0	9,3	3,1	-3,2	-8,2	3,0
Вытегра	-10,7	-9,6	-3,9	2,7	9,5	14,4	17,3	15,0	9,7	3,7	-2,3	-7,1	3,2
Никольск	-13,1	-11,2	-4,5	3,1	10,2	15,0	17,5	14,8	9,0	2,3	-4,3	-9,7	2,4
Тотьма	-12,6	-10,7	-4,2	2,9	10,1	14,7	17,4	14,6	8,9	2,5	-4,0	-9,2	2,5
Воронежская область													
Воронеж	-7,4	-7,0	-1,3	8,4	15,3	18,5	20,4	19,2	13,3	6,6	0,0	-4,8	6,8
Республика Дагестан													
Дербент	2,6	2,3	5,2	10,5	16,6	22,0	25,2	25,0	20,6	14,6	9,1	4,9	13,2
Махачкала	0,6	0,9	4,6	10,4	16,5	21,8	24,7	24,5	20,0	13,7	7,7	3,0	12,4
Терекли-Мектеб	-1,8	-1,1	4,0	11,1	17,7	22,7	25,3	24,4	19,0	11,9	5,6	0,9	11,6
Еврейская автономная область													
Биробиджан	-22,3	-16,6	-6,7	4,4	12,1	18,1	21,0	19,5	12,8	3,9	-8,6	-20,0	1,5



**ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ
ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.**

Населенный пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Екатерина-Никольское	-19,7	-15,2	-5,9	4,9	12,7	18,2	21,5	19,8	13,3	4,3	-7,7	-17,7	2,4
Обльче	-25,6	-20,3	-9,8	2,8	10,9	16,9	20,0	17,9	10,9	1,5	-12,0	-23,3	-0,8
Забайкальский край													
Агинское	-22,8	-19,0	-9,4	1,3	9,5	16,1	18,6	16,0	8,7	-0,5	-12,2	-20,2	-1,2
Акса	-22,6	-18,2	-8,5	1,7	9,6	16,0	18,3	15,8	8,8	-0,1	-11,3	-19,6	-0,8
Александровский Запад	-26,1	-22,3	-12,8	-0,4	8,0	14,2	16,8	14,4	7,3	-2,1	-14,9	-23,6	-3,5
Барзас	-26,5	-21,9	-10,7	1,5	10,1	16,9	19,3	16,8	9,4	-0,4	-13,4	-23,4	-1,9
Дарасун	-21,9	-18,2	-9,5	0,7	8,6	15,0	17,3	14,7	7,6	-1,0	-11,7	-19,3	-1,5
Калакан	-34,2	-27,7	-16,2	-2,8	6,7	14,0	16,6	13,4	5,6	-5,8	-21,7	-32,5	-7,0
Красный Чикой	-25,7	-20,5	-9,4	1,5	9,2	15,3	17,6	14,9	7,9	-0,9	-12,7	-21,8	-2,0
Мозоча	-28,3	-23,3	-13,2	-1,0	7,7	14,5	17,1	14,1	6,7	-3,8	-18,4	-27,4	-4,6
Нерчинск	-29,8	-24,4	-11,9	1,8	10,4	17,3	19,9	17,0	9,3	-0,8	-15,6	-26,9	-2,8
Нерчинский Запад	-26,9	-21,9	-10,8	1,5	10,0	16,1	18,6	15,9	8,9	-0,6	-14,5	-24,7	-2,4
Средний Калар	-35,3	-28,9	-18,0	-4,6	5,3	12,8	15,5	12,3	4,5	-7,0	-22,6	-33,4	-8,3
Тунзакочен	-30,2	-25,0	-15,1	-2,2	6,6	13,4	15,9	13,0	5,6	-4,3	-18,4	-28,3	-5,7
Тулук	-31,4	-26,0	-15,5	-2,7	6,9	14,0	16,5	13,6	6,0	-4,7	-20,0	-29,9	-6,1
Чара	-32,7	-28,0	-17,1	-3,9	5,4	13,5	16,4	13,4	5,3	-6,1	-20,8	-30,7	-7,1
Чита	-25,5	-20,0	-9,4	1,3	9,5	16,4	18,7	15,9	8,5	-0,8	-13,0	-22,5	-1,7
Ивановская область													
Иваново	-10,3	-9,2	-3,4	5,0	12,0	16,3	18,6	16,4	10,4	4,0	-2,5	-7,4	4,2
Кинешма	-10,5	-9,1	-3,1	4,9	12,1	16,4	18,7	16,5	10,6	4,0	-2,6	-7,6	4,2
Республика Ингушетия													
Магас <3>	-2,1	-0,8	3,7	9,0	13,2	19,0	21,5	21,5	16,3	10,1	4,0	-0,4	9,6
Иркутская область													
Алгуджер	-16,2	-13,7	-7,2	0,8	7,2	12,6	14,9	12,5	6,5	0,5	-7,7	-13,9	-0,3
Байкальск	-15,2	-15,8	-8,3	0,4	7,0	12,3	16,0	14,4	8,7	2,2	-5,0	-10,0	0,5
Бодайбо	-30,1	-25,7	-14,0	-2,0	6,7	14,7	18,2	15,0	6,7	-3,4	-17,6	-27,8	-4,9
Братск	-20,3	-17,5	-8,9	0,0	7,0	14,4	18,1	15,3	8,3	0,4	-9,1	-17,0	-0,8
Верхне-Марково	-27,3	-24,0	-13,6	-1,4	7,4	15,2	18,0	14,7	6,8	-2,3	-16,0	-25,1	-4,0
Верхняя Гутара	-19,1	-16,2	-9,3	-1,0	5,7	11,9	14,2	11,6	5,3	-1,8	-10,1	-16,6	-2,1
Ербогачен	-30,7	-27,3	-15,9	-4,5	5,5	14,4	17,5	13,5	5,3	-5,5	-20,5	-28,6	-6,4
Ершово	-22,0	-18,2	-9,1	-0,1	7,7	15,5	18,3	15,3	7,7	-1,0	-11,0	-19,2	-1,3
Жигалово	-30,7	-27,3	-15,9	-4,5	5,5	14,4	17,5	13,5	5,3	-5,5	-20,5	-28,6	-6,4
Зима	-21,6	-18,0	-8,5	1,8	9,6	16,0	18,4	15,5	8,4	0,1	-10,4	-18,7	-0,6
Ика	-29,1	-25,5	-15,0	-3,8	5,6	13,9	16,5	13,0	5,1	-4,5	-18,1	-26,7	-5,7
Иркутск	-18,4	-15,4	-6,7	2,5	9,8	15,8	18,2	15,7	9,1	1,5	-7,9	-15,7	0,7
Киренск	-27,1	-23,6	-12,8	-1,4	7,5	15,4	18,1	14,9	6,8	-2,5	-15,5	-24,6	-3,7
Мама	-27,9	-23,7	-13,0	-1,6	7,0	15,0	18,2	15,0	6,9	-2,7	-16,0	-25,7	-4,0
Наканно	-34,4	-29,9	-17,3	-5,6	4,6	14,0	17,0	13,0	4,8	-6,8	-23,6	-32,0	-8,0
Непа	-27,9	-24,0	-13,4	-2,7	6,4	14,5	17,4	13,7	5,7	-4,0	-17,4	-25,9	-4,8
Орлэнга	-26,7	-22,4	-12,0	-1,1	7,3	14,8	17,3	14,2	6,6	-2,2	-14,1	-23,7	-3,5
Перевоз	-26,3	-23,1	-13,9	-2,6	6,4	14,3	17,1	13,7	5,8	-3,9	-16,8	-24,4	-4,5
Преображенка	-28,7	-25,8	-15,3	-3,9	6,0	14,4	17,3	13,6	5,6	-4,4	-18,2	-26,5	-5,5
Тайшет	-18,9	-15,8	-7,3	1,8	9,3	16,2	18,4	15,4	8,4	0,5	-9,1	-16,4	0,2
Тулун	-20,1	-16,3	-7,9	1,2	8,9	15,3	17,5	14,8	8,0	-0,2	-10,1	-17,5	-0,5
Усть-Ордынский	-23,2	-20,4	-10,5	1,2	9,1	15,8	18,1	15,3	8,2	-0,6	-11,8	-19,9	-1,6
Чечуйск	-26,3	-23,5	-13,6	-2,3	6,9	14,9	17,6	14,4	6,7	-2,4	-15,8	-24,0	-3,9
Кабардино-Балкарская Республика													
Нальчик	-2,8	-2,1	3,1	10,3	15,3	19,6	22,3	21,7	16,9	10,3	4,1	-0,6	9,8
Калининградская область													
Калининград	-2,3	-1,5	1,9	7,0	12,4	15,7	17,9	17,4	13,1	8,3	3,6	-0,1	7,8
Республика Калмыкия													
Элиста	-5,0	-4,5	1,4	10,4	17,1	21,9	24,9	23,8	17,3	9,5	2,6	-2,3	9,7
Калужская область													
Калуга	-8,3	-7,8	-2,2	6,0	12,9	16,2	18,1	16,5	10,8	5,0	-1,1	-5,8	5,0
Камчатский край													
Алчка	-12,7	-12,7	-11,0	-6,0	1,3	6,8	10,4	10,8	7,2	-0,5	-7,5	-11,8	-2,1
Большеорецк	-11,4	-10,7	-7,1	-1,9	2,9	7,5	11,3	11,8	8,9	4,0	-3,2	-8,7	0,3
Ича	-12,1	-12,1	-8,3	-2,7	2,3	6,7	10,7	11,7	8,9	3,7	-3,5	-9,1	-0,3
Ключи	-16,2	-13,4	-8,5	-2,0	5,1	11,8	15,4	14,0	9,2	2,4	-6,4	-13,8	-0,2
Козыревск	-18,2	-14,5	-8,5	-1,1	6,1	12,7	16,3	14,3	8,5	1,7	-8,2	-16,1	-0,6
Корф	-14,3	-14,2	-11,4	-6,4	1,9	8,5	12,2	12,2	8,0	-0,3	-8,8	-13,6	-2,2
Кроноки	-7,9	-7,2	-5,2	-1,4	2,8	7,2	10,8	11,8	8,4	3,5	-2,9	-7,0	1,1
Лапатка, мыс	-4,6	-5,3	-3,9	-1,2	1,3	4,6	7,9	9,6	8,8	5,5	0,5	-2,7	1,7
Мильково	-19,0	-15,9	-10,1	-1,6	6,0	12,6	15,9	14,1	8,5	1,1	-9,4	-17,2	-1,3
Начки	-18,4	-15,8	-10,8	-3,4	2,6	8,7	12,7	12,2	7,4	1,1	-8,4	-16,3	-2,4
о. Беринга	-3,2	-3,4	-2,5	-0,4	2,4	5,7	9,1	11,0	9,6	5,4	0,8	-2,1	2,7
Оссора	-14,4	-14,0	-11,3	-6,0	1,2	8,0	12,4	12,5	8,3	1,3	-6,7	-12,7	-1,8
Петропавловск-Камчатский	-6,9	-6,5	-3,9	0,1	4,5	9,3	12,7	13,5	10,4	5,3	-0,9	-5,1	2,7
Семьячк	-6,2	-5,9	-4,3	-0,7	3,4	8,0	11,6	12,9	10,2	5,2	-1,1	-4,9	2,3
Соболево	-13,6	-12,7	-8,7	-2,6	3,2	8,2	12,0	12,4	8,8	3,3	-4,7	-10,8	-0,4
Усть-Воямполка	-17,3	-16,6	-12,4	-5,2	1,5	6,8	10,3	10,8	7,4	1,3	-7,0	-14,0	-2,9
Усть-Камчатск	-11,8	-11,1	-8,2	-3,2	1,9	7,6	11,4	12,2	9,0	3,2	-4,1	-9,8	-0,2
Усть-Хайрюзово	-13,8	-13,3	-9,5	-3,4	2,9	8,0	11,8	12,3	8,5	2,6	-4,9	-10,9	-0,8
Караачево-Черкесская Республика													
Черкесск	-3,0	-2,1	2,8	9,9	14,9	18,4	21,2	20,7	16,0	9,9	3,9	-0,6	9,3
Республика Карелия													
Калевала	-12,6	-11,8	-6,3	-0,6	6,3	12,5	15,7	12,9	7,6	1,5	-4,3	-9,2	1,0
Кемь	-10,7	-10,1	-5,3	-0,4	5,2	10,9	14,5	13,2	8,8	2,7	-2,9	-7,3	1,5
Олонец	-9,8	-9,3	-4,1	2,6	9,5	14,3	17,1	14,9	9,7	4,1	-1,5	-6,3	3,4
Паданы	-11,1	-10,4	-5,1	0,4	6,9	12,8	16,2	14,2	9,1	3,0	-2,7	-7,5	2,2
Петрозаводск	-10,2	-9,2	-3,8	1,9	8,7	13,7	16,7	14,6	9,4	3,4	-2,2	-6,7	3,0
Редобы	-11,8	-11,2	-5,6	0,2	7,3	13,2	16,3	13,7	8,3	2,1	-3,6	-8,4	1,7
Сортавала	-9,0	-8,6	-3,7	2,2	8,9	14,0	17,2	15,2	9,8	4,2	-0,8	-5,4	3,7
Кемеровская область													
Кемерово	-18,1	-15,9	-7,7	2,2	10,4	16,7	19,0	15,9	9,6	2,0	-7,8	-15,1	0,9
Киселевск	-15,7	-13,6	-5,8	3,4	11,1	17,0	19,4	16,4	10,1	2,9	-6,5	-13,3	2,1
Кондопо	-17,6	-14,7	-6,6	2,3	10,0	15,5	17,8	15,1	8,9	2,0	-7,7	-15,0	0,8
Маринск	-17,1	-15,2	-6,9	2,1	9,9	16,2	18,7	15,5	9,1	1,7	-7,8	-14,5	1,0
Тайга	-18,2	-16,0	-7,9	0,9	8,7	15,2	17,6	14,5	8,2	0,7	-9,1	-15,5	-0,1
Тисуль	-16,7	-14,8	-6,9	2,3	9,6	15,9	18,2	15,3	9,2	1,9	-7,4	-13,7	1,1
Топки	-17,1	-15,2	-7,4	1,8	10,0	16,0	18,5	15,4	9,2	1,5	-8,1	-14,5	0,8
Усть-Кабырза	-19,7	-16,0	-6,8	2,2	9,8	15,6	17,8	15,2	8,8	1,6	-8,4	-17,0	0,2
Кировская область													
Килемезь	-12,8	-11,5	-4,5	4,3	12,2	16,6	18,9	16,4	10,4	3,0	-4,1	-10,0	3,2
Киров	-13,0	-11,3	-4,3	3,9	11,3	16,1	18,6	15,8	9,7	2,4	-4,5	-10,1	3,0



**ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ
ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.**

Населенный пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Нагорское	-14,1	-12,2	-4,9	2,7	10,0	15,1	17,7	14,7	8,8	1,5	-5,7	-11,2	19
Республика Коми													
Вендига	-16,3	-14,1	-6,8	0,0	6,8	13,2	16,5	12,9	7,3	0,6	-6,7	-12,4	0,1
Воржича	-20,4	-20,0	-14,2	-9,4	-2,1	7,3	13,0	9,5	4,4	-4,2	-12,8	-16,7	-5,5
Объячево	-14,1	-11,9	-4,7	2,7	9,5	14,8	17,3	14,3	8,6	1,5	-5,5	-11,0	1,8
Петроць	-20,0	-18,7	-11,6	-6,5	0,8	9,6	14,6	10,8	5,6	-2,6	-11,5	-16,0	-3,8
Печора	-19,3	-17,3	-9,0	-2,8	4,0	11,9	16,0	12,1	6,7	-1,1	-9,8	-15,2	-2,0
Сиктыькар	-15,1	-12,9	-5,4	1,7	8,5	14,4	17,3	13,9	8,1	1,1	-6,2	-11,7	1,1
Троицко-Печорское	-17,9	-15,7	-7,0	-0,1	6,5	13,1	16,4	12,7	7,0	-0,4	-8,4	-14,3	-0,7
Усть-Уса	-18,8	-17,4	-9,7	-4,2	2,4	10,4	14,9	11,2	6,1	-1,7	-10,0	-15,0	-2,7
Усть-Шильма	-17,5	-15,6	-8,1	-2,3	4,2	11,3	15,4	11,9	6,6	-0,7	-8,5	-13,5	-1,4
Усть-Щигор	-19,9	-17,9	-9,2	-2,5	4,4	12,2	16,1	12,1	6,6	-1,1	-10,0	-15,7	-2,1
Ухта	-17,2	-14,9	-7,0	-0,4	6,2	12,8	16,3	12,6	7,0	-0,4	-8,2	-13,6	-0,6
Костромская область													
Кострома	-10,5	-9,3	-3,3	4,7	12,0	16,0	18,4	16,2	10,3	3,8	-2,6	-7,6	4,0
Чхлома	-12,0	-10,3	-3,9	3,6	10,9	15,2	17,7	15,2	9,5	3,1	-3,6	-8,9	3,0
Шарья	-12,1	-10,5	-4,1	3,9	11,1	15,5	17,8	15,3	9,4	2,9	-3,8	-9,3	3,0
Краснодарский край													
Красная Поляна	0,8	1,9	4,9	10,1	14,3	17,5	20,3	20,2	16,1	11,3	6,4	2,3	10,5
Краснодар	0,0	1,1	5,6	12,3	17,6	21,4	24,1	23,7	18,6	12,0	6,4	2,3	12,1
Приморско-Ахтарск	-1,4	-0,6	4,2	11,6	17,6	21,9	24,6	23,9	18,4	11,5	5,4	1,1	11,5
Сочи	6,1	6,4	8,4	12,3	16,4	20,3	23,2	23,6	20,0	15,6	11,4	8,0	14,3
Тихорецк	-2,1	-11,0	4,1	11,7	17,2	21,0	23,7	23,2	17,8	11,0	4,9	0,4	11,0
Красноярский край													
Азата	-34,7	-32,0	-21,2	-10,8	-1,1	8,6	14,1	10,8	3,8	-7,4	-24,3	-31,1	-10,4
Ачинск	-16,1	-13,9	-6,3	1,9	9,5	16,3	18,7	15,6	9,2	1,5	-7,8	-13,6	1,2
Байкит	-30,5	-25,7	-13,4	-3,6	4,4	13,6	17,1	12,9	5,3	-4,8	-19,4	-28,0	-6,0
Боготол	-16,9	-15,0	-7,2	1,2	9,0	15,4	17,8	14,7	8,5	1,0	-8,4	-14,4	0,5
Богучаны	-23,8	-21,1	-10,2	0,1	7,9	16,0	19,0	15,3	8,0	-0,4	-11,5	-20,9	-1,8
Ванавара	-29,3	-25,6	-14,1	-3,2	5,9	14,6	17,7	13,6	5,5	-4,4	-18,5	-27,2	-5,4
Вельмо	-27,6	-24,0	-13,1	-3,4	4,9	13,5	17,3	13,1	6,0	-3,5	-17,1	-24,9	-4,9
Верхнеуематск	-24,9	-21,7	-12,2	-4,2	3,4	13,5	17,6	13,5	6,5	-3,3	-16,0	-22,0	-4,2
Волочанка	-31,1	-30,5	-24,0	-15,3	-5,4	6,2	12,9	9,8	2,4	-11,4	-23,6	-27,6	-11,5
Диксон	-25,3	-25,3	-22,2	-16,8	-8,0	0,4	4,8	5,0	1,7	-7,6	-17,6	-22,1	-11,1
Дудинка	-28,1	-27,3	-21,6	-14,9	-5,4	6,1	13,7	10,8	3,9	-8,3	-20,5	-24,7	-9,7
Енисейск	-21,4	-18,7	-9,1	0,3	7,9	15,8	18,7	14,9	8,0	-0,1	-10,8	-18,2	-1,1
Игарка	-28,3	-26,2	-18,1	-10,4	-1,6	9,8	15,5	11,9	5,0	-6,6	-20,2	-24,8	-7,8
Канск	-20,3	-18,1	-8,5	1,8	9,3	16,2	18,9	15,6	8,5	0,7	-9,4	-17,5	-0,2
Красноярск	-16,3	-13,9	-5,9	2,4	9,7	16,4	18,7	15,6	9,0	1,7	-7,4	-13,6	1,3
Миңси́нск	-18,5	-16,1	-6,0	4,2	11,3	17,8	19,9	16,9	10,0	2,3	-7,1	-15,2	1,6
Тюра	-35,6	-31,3	-17,8	-6,3	3,5	13,2	16,9	12,7	4,9	-6,8	-24,2	-32,3	-8,6
Турханск	-26,6	-23,9	-15,3	-7,3	1,0	11,6	16,5	12,6	5,6	-5,3	-18,6	-23,4	-26,6
Хатанга	-32,3	-32,2	-26,2	-17,0	-6,3	6,0	12,6	9,3	1,9	-11,8	-25,1	-29,1	-12,5
Челя́скин, мыс	-28,3	-28,8	-27,0	-20,3	-10,2	-1,4	1,3	0,9	-2,3	-11,8	-21,2	-25,6	-14,6
Ярцево	-23,2	-20,8	-11,3	-2,4	5,7	14,7	18,5	14,3	7,3	-1,7	-13,2	-20,3	-2,7
Республика Крым													
Ай-Петри	-3,2	-2,5	0,2	5,2	10,1	13,5	15,8	15,9	11,5	6,9	2,9	-1,1	6,4
Керчь	0,1	0,5	3,9	10,0	15,8	20,5	23,5	23,1	18,0	12,0	6,7	2,7	11,4
Клепичино	-0,7	0,4	5,1	10,3	16,9	21,5	24,4	24,1	18,0	11,7	6,3	1,9	10,2
Севастополь	3,5	4,1	6,0	10,9	15,8	19,9	22,4	22,1	18,2	12,9	8,9	5,4	12,4
Симферополь	0,0	0,7	4,2	10,3	15,4	19,6	22,3	21,9	17,0	11,2	6,4	2,3	11,0
Феодосия	1,4	1,9	5,1	10,9	16,5	21,2	24,2	23,7	18,7	12,9	7,9	3,9	12,3
Ялта	4,2	4,3	6,4	10,9	16,1	20,7	24,0	24,0	19,4	14,1	9,4	6,1	13,3
Кированская область													
Кирован	-16,6	-14,8	-6,7	4,9	12,6	17,9	19,6	16,9	11,0	3,2	-6,1	-13,4	2,4
Кирован область													
Кирован	-7,3	-6,7	-1,3	7,7	14,6	17,7	19,4	18,6	12,8	6,2	-0,2	-4,8	6,4
Ленинградская область													
Выборг	-7,7	-7,6	-3,0	2,8	10,2	15,2	18,1	16,3	10,9	5,1	0,0	-4,3	4,7
Новая Ладога	-8,2	-7,6	-2,6	3,8	10,5	15,2	17,8	16,1	10,9	5,0	-0,6	-4,9	4,7
Санкт-Петербург	-6,5	-6,1	-1,4	4,6	11,3	15,8	18,6	16,9	11,6	5,8	0,5	-3,6	5,6
Тихвин	-9,2	-8,1	-2,7	3,8	10,7	15,1	17,4	15,3	9,9	4,0	-1,6	-6,1	4,0
Липецкая область													
Липецк	-8,6	-8,2	-2,5	7,3	14,6	17,8	19,7	18,4	12,6	5,7	-0,9	-5,8	5,8
Магаданская область													
Брохобо	-19,5	-19,2	-15,2	-8,0	0,1	7,0	12,4	12,4	7,9	-0,2	-10,0	-16,1	-4,0
Магадан	-16,4	-15,5	-11,3	-4,8	1,7	7,6	11,6	12,0	7,4	-1,2	-10,2	-14,8	-2,8
Омсчан	-33,5	-31,2	-23,3	-11,7	1,6	10,8	13,9	10,5	3,3	-10,2	-25,4	-32,9	-10,7
Палатка	-21,4	-19,9	-15,0	-6,7	3,1	10,4	13,5	11,7	5,4	-5,0	-15,3	-20,5	-5,0
Среднекан	-35,9	-32,6	-23,5	-10,0	4,3	13,8	16,3	12,3	4,5	-10,0	-27,0	-35,2	-10,2
Сисчан	-37,3	-33,4	-24,5	-11,6	2,9	11,8	14,4	10,6	2,5	-13,3	-29,4	-37,3	-12,0
Республика Марий Эл													
Июшкар-Ола	-12,1	-11,2	-4,5	4,8	12,4	16,7	18,9	16,5	10,5	3,5	-3,4	-9,0	-12,1
Республика Мордовия													
Саранск	-10,4	-10,0	-4,1	5,8	13,7	17,3	19,4	17,7	11,7	4,5	-2,4	-7,8	4,8
Московская область													
Дмитров	-8,9	-7,9	-2,1	5,7	12,6	16,2	18,3	16,4	10,7	4,5	-1,7	-6,2	4,8
Кашира	-9,1	-8,3	-2,7	5,9	13,6	16,8	18,5	17,1	11,3	4,8	-1,4	-6,0	5,0
Можайск	-8,5	-7,9	-2,2	5,8	12,5	16,1	18,0	16,3	10,7	4,8	-1,3	-5,8	4,9
Москва	-7,8	-6,9	-1,3	6,5	13,3	17,0	19,1	17,1	11,3	5,2	-0,8	-5,2	5,6
Наро-Фоминск	-8,6	-7,8	-2,2	5,7	12,7	16,1	18,0	16,3	10,7	4,7	-1,4	-5,9	4,9
Новомосковский АО	-9,1	-8,0	-2,7	5,5	12,7	16,0	18,5	16,3	10,8	4,6	-1,1	-5,4	4,9
Троицкий АО	-8,8	-8,0	-2,2	5,7	12,6	16,1	18,0	16,2	10,5	4,7	-1,3	-6,0	4,8
Черы́сти	-9,4	-8,5	-2,5	5,8	12,9	16,5	18,4	16,4	10,8	4,6	-1,9	-6,6	4,7
Мурманская область													
Ва́йта-Губа	-5,2	-5,7	-3,7	-0,9	3,2	7,3	10,9	10,3	7,3	2,6	-1,4	-3,4	1,8
Кандалакша	-12,7	-12,0	-6,7	-1,2	4,9	11,2	14,7	12,3	7,1	1,0	-5,1	-9,4	0,3
Ковдор	-12,7	-12,0	-7,1	-1,6	4,6	10,8	14,0	11,2	6,1	-0,4	-6,2	-9,9	-0,3
Краснощелье	-13,8	-13,3	-8,5	-3,1	3,2	9,8	13,6	10,9	6,1	-0,2	-6,5	-10,2	-1,0
Лобозеро	-13,8	-13,5	-8,5	-2,7	3,3	9,6	13,3	10,8	6,1	-0,3	-6,9	-10,4	-1,1
Мончезорск	-12,4	-12,0	-7,2	-1,7	4,2	10,4	14,2	11,9	7,1	0,8	-5,6	-9,5	0,0
Мурманск	-10,6	-10,1	-5,6	-1,0	4,1	9,3	13,0	11,2	7,1	1,1	-4,6	-8,0	0,5
Ниванкюль	-12,7	-12,1	-6,8	-1,3	4,3	10,2	13,7	11,4	6,6	0,6	-5,7	-9,8	-0,1
Пя́льца	-11,1	-11,3	-7,7	-3,0	2,3	7,2	10,8	9,9	6,9	2,1	-2,9	-6,9	-0,3
о. Сосновец	-9,7	-9,9	-6,6	-3,3	1,0	5,3	8,7	9,0	7,1	2,2	-2,5	-5,8	-0,4
Терью́бка	-7,7	-7,9	-5,1	-1,5	3,0	7,7	11,6	10,8	7,4	1,9	-2,9	-5,5	1,0



ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ
ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.

Населенный пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Умба	-11,3	-11,1	-6,2	-1,1	4,7	10,9	14,6	12,5	7,8	1,7	-4,0	-7,9	0,8
Ненецкий автономный округ													
Варандей	-18,1	-18,4	-13,9	-9,6	-2,9	3,8	9,7	9,0	5,4	-1,7	-9,3	-13,6	-5,0
Индига	-15,3	-14,5	-10,2	-6,0	0,0	6,1	10,7	9,7	6,5	0,4	-6,2	-10,6	-2,4
Канин Нос	-8,6	-9,5	-7,0	-4,4	-0,4	4,6	9,0	8,5	6,2	1,9	-2,1	-5,3	-0,6
Коткино	-18,0	-16,6	-10,4	-5,1	1,7	9,3	13,7	10,7	6,1	-1,1	-8,8	-13,2	-2,6
Нарьян-Мар	-17,9	-16,9	-11,1	-6,3	0,5	8,3	13,4	10,6	6,0	-1,3	-9,1	-13,3	-3,1
Ходовариха	-16,3	-16,5	-12,5	-8,9	-2,8	3,1	9,0	8,6	5,6	-0,5	-7,1	-11,5	-4,1
Хосейн-Хард	-20,8	-19,6	-13,0	-8,0	-0,3	8,6	13,2	9,9	5,0	-3,3	-11,8	-16,5	-4,7
Нижегородская область													
Арзамас	-10,4	-9,9	-4,1	5,7	13,2	17,0	19,1	17,2	11,1	4,3	-2,4	-7,6	4,4
Выкса	-9,5	-8,7	-2,7	6,3	13,6	17,2	19,3	17,4	11,5	4,8	-1,8	-6,9	5,0
Нижний Новгород	-10,1	-9,0	-2,8	5,8	13,1	17,0	19,2	17,1	11,1	4,2	-2,4	-7,5	4,6
Новгородская область													
Боровичи	-8,8	-7,7	-1,9	4,8	12,1	15,7	18,0	16,1	10,6	4,5	-0,8	-5,2	4,8
Великий Новгород	-7,4	-6,9	-1,9	4,7	11,9	15,9	18,2	16,2	10,8	5,0	-0,5	-4,7	5,1
Новосибирская область													
Барабинск	-18,5	-16,8	-8,7	2,6	11,0	17,1	19,1	15,9	9,8	2,0	-8,1	-15,3	0,8
Болотное	-17,6	-15,3	-7,1	2,2	10,2	16,6	18,9	15,6	9,4	1,7	-8,1	-14,7	1,0
Карасук	-18,0	-16,9	-8,8	4,1	12,8	18,9	20,5	17,6	11,3	3,2	-7,1	-14,6	1,9
Кочки	-18,2	-17,0	-9,1	2,7	11,4	17,4	19,2	16,2	10,1	2,4	-7,8	-15,0	1,0
Купино	-18,0	-16,9	-8,9	3,5	12,0	18,0	19,9	16,8	10,7	2,9	-7,4	-14,8	1,5
Кытовка	-19,2	-17,2	-8,4	2,0	10,2	16,1	18,4	15,0	9,0	1,7	-8,3	-15,8	0,3
Новосибирск	-17,6	-15,8	-8,0	2,7	11,0	17,3	19,4	16,3	10,2	2,6	-7,3	-14,4	1,4
Татарск	-18,2	-16,4	-8,0	3,5	11,5	17,5	19,4	16,3	10,2	2,4	-7,6	-14,9	1,3
Члым	-18,2	-16,8	-8,6	2,4	10,9	16,8	18,9	15,7	9,6	2,1	-7,9	-15,0	0,8
Омская область													
Исиль-Жуль	-17,4	-16,2	-8,3	3,7	12,1	17,8	19,3	16,4	10,5	2,8	-7,4	-14,3	1,6
Омск	-17,6	-15,8	-7,6	4,1	12,1	17,9	19,4	16,5	10,6	2,8	-7,2	-14,3	1,7
Тара	-18,7	-16,7	-7,7	2,6	10,3	16,7	18,6	15,3	9,3	1,7	-8,2	-15,5	0,6
Черлак	-17,7	-16,5	-8,4	4,1	12,6	18,6	20,1	17,2	11,1	3,2	-7,2	-14,5	1,9
Оренбургская область													
Кубаньки	-14,3	-13,5	-6,2	5,8	14,0	18,6	20,5	18,6	12,2	4,0	-4,0	-11,1	3,7
Оренбург	-13,0	-12,4	-5,3	7,3	15,6	20,3	22,3	20,5	14,1	5,4	-2,9	-9,7	5,2
Сорокинск	-12,7	-12,1	-5,2	6,8	15,2	19,6	21,5	19,8	13,5	5,0	-2,8	-9,6	4,9
Орловская область													
Орел	-7,9	-7,3	-1,6	7,1	14,0	17,3	19,1	17,9	12,1	5,9	-0,1	-5,2	6,0
Пензенская область													
Земетчино	-9,5	-9,3	-3,6	6,7	14,4	17,9	19,8	18,1	12,2	5,1	-1,5	-6,8	5,3
Пенза	-9,9	-9,6	-3,6	6,8	14,6	18,2	20,1	18,4	12,4	5,1	-1,7	-7,3	5,3
Пермский край													
Бисер	-16,7	-14,6	-6,8	0,9	7,9	13,5	15,9	12,9	7,1	-0,5	-8,4	-13,9	-0,2
Ножовка	-13,7	-12,5	-4,9	3,8	11,6	16,7	18,9	16,3	10,5	3,2	-4,5	-10,7	2,9
Пермь	-13,9	-12,2	-4,5	3,7	10,8	15,9	18,2	15,4	9,7	2,3	-5,3	-11,2	2,4
Чердынь	-16,1	-13,8	-5,7	1,6	8,6	14,7	17,5	14,0	8,1	0,5	-7,3	-13,1	0,8
Приморский край													
Агзи	-19,4	-15,1	-6,4	2,5	8,8	14,1	17,8	17,7	11,5	3,5	-7,4	-17,4	0,8
Анучино	-19,3	-14,3	-4,3	5,9	12,7	17,4	21,1	20,6	13,9	6,0	-4,7	-15,8	3,3
Астраханка	-16,5	-12,2	-3,5	5,3	12,3	17,2	20,8	21,0	15,2	7,1	-3,2	-13,0	4,2
Богополь	-12,5	-9,1	-2,4	4,5	9,6	13,6	17,7	19,4	14,2	7,2	-1,9	-10,2	4,2
Владивосток	-12,6	-9,1	-2,0	4,9	9,7	13,4	17,8	19,8	15,8	8,8	-0,9	-9,4	-12,6
Дальнереченск	-19,2	-14,7	-5,2	5,6	12,9	17,9	21,3	20,4	14,0	5,6	-5,7	-16,2	-19,2
Кировский	-19,5	-14,8	-4,8	6,1	13,2	18,2	21,6	20,9	14,6	6,3	-4,9	-15,8	3,4
Красный Яр	-22,6	-17,8	-7,4	3,7	11,3	16,9	20,6	19,2	12,3	3,4	-8,2	-19,6	1,0
Маргаритово	-12,7	-9,9	-3,2	4,0	9,1	13,0	17,6	19,2	14,1	7,0	-1,9	-10,1	3,9
Мельничное	-21,9	-17,2	-7,6	2,8	10,1	15,6	19,4	18,5	11,6	2,8	-8,4	-19,1	0,5
Партизанск	-12,4	-9,0	-2,1	5,9	11,6	15,6	19,5	20,3	14,9	7,8	-1,6	-10,0	5,0
Посет	-9,6	-6,5	-0,4	6,1	11,0	14,8	19,2	21,2	16,9	9,8	0,7	-7,0	6,4
Преображение	-7,9	-5,7	-0,6	4,6	8,7	12,4	17,1	19,6	15,9	9,4	1,4	-5,5	5,8
Радная Пристань	-10,9	-8,1	-1,9	3,7	8,0	11,6	16,3	18,7	14,7	7,6	-1,2	-8,8	4,1
Сосновое	-12,4	-10,2	-4,3	1,7	5,9	9,9	14,4	16,9	13,2	6,3	-2,8	-10,6	2,3
Чигьевка	-20,5	-15,6	-5,6	4,9	12,0	17,0	20,5	20,0	13,1	5,0	-6,1	-17,4	2,3
Псковская область													
Ведичье Луки	-6,9	-6,3	-1,2	6,0	12,5	15,9	17,8	16,2	11,1	5,5	0,2	-4,2	5,5
Псков	-6,3	-6,0	-1,2	5,6	12,2	15,9	18,1	16,4	11,1	5,5	0,4	-3,7	5,7
Ростовская область													
Гизант	-3,6	-2,9	2,7	11,1	16,9	21,2	24,1	23,4	17,4	10,1	3,6	-0,9	10,4
Миллерово	-6,3	-5,6	0,1	9,4	16,0	19,9	21,9	21,2	15,1	7,8	1,3	-3,6	8,1
Ростов-на-Дону	-3,8	-3,0	2,4	10,9	17,1	21,3	23,5	22,8	16,8	9,6	3,4	-1,2	10,0
Таганрог	-3,4	-2,8	2,3	10,8	17,4	21,6	24,0	23,3	17,5	10,2	3,7	-0,9	10,3
Рязанская область													
Рязань	-8,8	-8,2	-2,6	6,5	13,8	17,2	19,1	17,5	11,7	5,0	-1,4	-6,1	5,3
Самарская область													
Самара	-11,1	-10,4	-3,7	7,2	15,3	19,2	21,3	19,5	13,4	5,4	-2,1	-8,3	5,5
Саратовская область													
Александров Гай	-10,0	-9,9	-2,8	9,2	17,0	21,8	24,1	22,4	15,5	6,8	-0,7	-6,8	7,2
Балашов	-8,9	-8,5	-2,8	7,8	15,3	19,0	20,9	19,7	13,5	6,0	-0,9	-6,2	6,2
Саратов	-8,5	-8,6	-2,7	8,4	16,1	20,0	22,1	20,7	14,2	6,5	-0,8	-4,5	6,9
Республика Саха (Якутия)													
Алдан	-26,8	-24,3	-15,3	-4,4	5,2	13,7	16,5	13,3	4,9	-6,5	-18,9	-25,4	-5,6
Амга	-41,1	-37,0	-22,8	-5,6	7,4	15,5	18,3	14,3	5,5	-8,8	-29,0	-39,6	-10,2
Батамай	-41,1	-36,7	-23,0	-7,3	5,3	14,2	17,5	13,6	4,9	-9,8	-30,0	-39,5	-11,0
Бердигестях	-38,5	-33,5	-20,9	-6,3	5,9	14,3	17,1	12,9	4,1	-8,7	-27,3	-36,9	-9,8
Быяга	-36,6	-32,3	-20,5	-5,5	6,2	14,3	17,2	13,3	4,8	-7,5	-25,4	-34,8	-8,9
Верхоянск	-45,7	-42,6	-29,4	-11,8	3,7	13,4	16,1	11,6	2,5	-16,3	-35,2	-43,2	-14,6
Вилуйск	-36,3	-31,6	-18,8	-5,6	6,0	15,5	18,6	14,4	5,4	-7,5	-26,2	-34,6	-8,4
Витим	-28,9	-25,1	-14,2	-2,6	6,6	15,1	18,1	14,7	6,5	-3,4	-17,2	-26,5	-4,7
Джалында	-38,0	-35,8	-25,9	-13,7	-2,2	9,5	14,0	9,8	1,6	-12,5	-29,8	-35,2	-13,2
Джаджан	-37,8	-34,5	-23,5	-11,4	0,3	10,9	15,1	11,1	3,0	-11,4	-29,4	-35,7	-11,9
Джикинда	-33,8	-29,3	-17,1	-3,3	7,0	14,8	17,6	14,1	5,8	-5,2	-21,7	-31,6	-6,9
Жиганск	-38,0	-34,3	-22,5	-9,8	2,1	12,5	16,2	12,1	3,6	-10,3	-29,0	-36,4	-11,1
Зырянка	-36,0	-33,4	-24,6	-11,2	3,7	13,4	16,0	12,1	4,3	-10,3	-26,8	-34,9	-10,6
Иссть	-34,6	-31,1	-19,1	-4,8	6,5	14,7	17,9	14,6	6,3	-5,3	-23,2	-32,7	-7,6
Изма	-44,3	-41,8	-30,7	-14,7	0,6	9,7	13,7	10,5	2,1	-14,3	-34,7	-42,0	-15,5
Крест-Хальдай	-43,4	-38,0	-21,8	-5,3	7,3	15,8	18,8	14,6	5,7	-9,0	-30,7	-41,9	-10,7
Кюсюр	-37,4	-34,8	-25,8	-14,4	-2,7	8,4	12,6	9,8	2,2	-11,5	-29,2	-35,1	-13,2



ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ
ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.

Населенный пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Ленск	-29,1	-25,4	-14,6	-3,3	6,4	14,8	17,7	14,0	5,8	-4,8	-19,3	-27,5	-5,4
Мирный	-31,0	-27,1	-16,0	-5,3	4,9	14,2	17,3	13,5	5,0	-6,8	-22,2	-29,3	-6,9
Нагорный	-28,8	-25,6	-16,9	-5,7	4,4	12,3	15,0	12,0	4,2	-7,8	-21,4	-28,0	-7,2
Нера	-45,7	-41,2	-27,6	-9,9	4,9	14,1	16,4	12,3	3,7	-13,3	-34,9	-44,7	-13,8
Нюрба	-35,2	-31,3	-19,4	-5,9	6,0	14,5	17,5	13,5	4,9	-7,4	-25,1	-33,2	-8,4
Оймьякон	-46,2	-42,5	-31,2	-13,4	2,9	12,2	14,7	10,5	2,2	-14,9	-35,9	-45,4	-15,6
Олекминск	-31,3	-27,1	-15,3	-3,1	7,2	15,2	18,1	14,5	6,0	-5,1	-21,0	-29,7	-6,0
Оленек	-36,7	-33,5	-22,3	-11,0	-0,8	10,4	15,0	11,0	2,4	-11,2	-28,2	-33,7	-11,5
Охотский Перевоз	-42,5	-38,1	-23,5	-6,1	6,8	15,1	17,9	13,9	5,4	-8,7	-29,6	-40,6	-10,8
Сангар	-38,1	-33,4	-20,7	-6,8	5,3	14,8	18,4	14,5	5,4	-9,0	-27,8	-36,7	-9,5
Саскылах	-34,9	-34,4	-28,0	-18,3	-6,9	5,8	11,6	8,5	1,1	-12,9	-27,7	-32,3	-14,0
Среднеколымск	-35,7	-33,7	-25,7	-13,3	1,3	11,5	14,5	10,8	3,5	-10,4	-26,2	-34,1	-11,5
Сунтар	-32,6	-29,0	-17,4	-4,5	6,6	15,3	18,1	14,3	5,7	-5,9	-22,9	-30,9	-6,9
Сухана	-41,4	-38,1	-25,5	-11,7	0,5	11,3	15,2	10,6	2,4	-12,0	-31,4	-38,2	-13,2
Токо	-37,8	-33,1	-21,4	-7,3	4,3	12,0	14,8	11,4	3,8	-9,1	-26,9	-36,6	-10,5
Томмот	-34,8	-30,3	-18,6	-4,2	6,5	14,5	17,2	13,6	5,3	-6,6	-23,5	-32,8	-7,8
Томпо	-43,1	-38,6	-26,1	-10,0	4,4	13,3	16,1	11,9	3,2	-12,8	-33,4	-42,0	-13,1
Тюю-Хая	-33,2	-29,3	-18,8	-6,4	4,3	13,3	16,5	13,0	5,4	-6,3	-23,6	-31,2	-8,0
Тяня	-32,8	-28,4	-17,2	-3,8	6,2	14,2	17,1	13,3	5,0	-6,1	-21,9	-31,0	-7,1
Усть-Мая	-40,0	-34,7	-19,7	-3,7	7,7	15,6	18,4	14,7	6,2	-7,3	-27,4	-38,6	-9,1
Усть-Миль	-38,0	-33,1	-19,9	-4,0	7,3	15,0	17,8	14,1	5,7	-7,2	-26,2	-36,6	-8,8
Усть-Мона	-42,8	-39,1	-27,5	-11,6	4,2	13,6	15,8	11,6	3,2	-13,6	-32,8	-41,4	-13,4
Чылман	-30,9	-26,1	-16,0	-4,9	4,7	13,2	16,1	13,0	4,6	-7,2	-21,3	-29,8	-7,0
Чурапча	-41,9	-36,8	-22,1	-5,7	7,2	15,6	18,7	14,4	5,2	-9,6	-30,1	-40,5	-10,5
Шелагонцы	-40,4	-36,9	-24,5	-11,0	1,4	11,7	15,1	10,5	2,4	-11,2	-30,3	-37,8	-12,6
Эйк	-36,7	-33,5	-22,8	-10,7	1,3	11,2	15,7	11,4	2,7	-10,8	-27,4	-34,2	-11,1
Яктыкск	-39,1	-34,6	-20,3	-4,7	7,5	16,2	19,3	15,2	5,9	-7,8	-27,8	-37,8	-9,0
Сахалинская область													
Александровск-Сахалинский	-16,7	-14,8	-8,0	0,1	6,0	11,2	15,3	16,4	12,3	4,9	-4,4	-12,3	0,8
Долгинск	-13,2	-12,5	-5,9	1,5	6,8	11,5	15,6	17,1	13,2	6,5	-1,5	-8,8	2,5
Корсаков	-10,1	-9,7	-4,5	1,6	6,2	10,7	15,0	16,9	14,0	7,8	0,4	-6,1	3,5
Курльск	-4,5	-5,9	-3,4	1,6	6,0	9,6	13,5	15,9	13,7	9,3	3,7	-1,3	4,8
Макаров	-13,3	-12,0	-6,1	0,8	5,3	10,0	14,1	16,1	12,9	6,1	-2,7	-9,9	1,8
Невельск	-7,9	-7,4	-3,1	2,6	7,3	11,5	15,8	17,6	14,7	8,4	0,8	-4,9	4,6
Ноглики	-17,7	-15,8	-9,4	-1,6	3,7	9,5	13,3	14,6	10,9	3,3	-7,0	-14,9	-0,9
Оха	-18,3	-17,5	-11,6	-3,2	2,6	9,9	13,8	14,6	10,4	2,8	-6,4	-13,8	-1,4
Погиби	-19,4	-18,3	-11,9	-3,2	2,6	9,9	14,3	15,7	12,0	3,9	-7,0	-15,7	-1,4
Поронайск	-15,9	-13,8	-7,1	0,1	4,8	9,5	13,8	15,7	12,2	5,1	-4,4	-12,8	0,6
Холмск	-8,5	-8,1	-3,4	2,7	7,5	11,9	16,1	17,8	14,7	8,3	0,5	-5,4	4,5
Южно-Курльский	-4,4	-5,4	-2,5	1,7	5,3	8,6	12,5	15,8	14,9	10,7	4,6	-1,0	5,1
Южно-Сахалинск	-12,6	-11,8	-5,7	1,7	7,1	11,6	15,7	17,1	13,1	6,3	-1,6	-8,6	2,7
Свердловская область													
Верхотурье	-16,4	-14,2	-5,1	3,1	9,7	15,4	17,7	14,6	8,8	1,5	-7,3	-13,4	1,2
Екатеринбург	-13,8	-11,7	-4,1	4,5	11,4	16,6	18,6	15,8	10,0	2,5	-5,5	-11,2	2,8
Ивдель	-19,2	-16,2	-6,3	1,5	8,2	14,5	17,3	13,8	7,8	0,3	-9,2	-15,8	-0,3
Каменск-Уральский	-15,1	-13,4	-5,3	4,5	11,6	16,8	18,6	15,7	10,0	2,8	-5,9	-12,4	2,3
Туринск	-16,6	-14,4	-5,7	3,4	10,6	16,1	18,3	15,2	9,3	1,8	-7,2	-13,6	1,4
Шамары	-15,4	-13,6	-5,3	3,1	10,4	15,7	17,7	14,7	9,1	1,8	-6,2	-12,6	1,6
Республика Северная Осетия – Алания													
Владикавказ	-2,0	-1,5	3,3	9,8	14,5	18,3	20,8	20,4	15,8	9,8	3,7	-0,6	9,4
Смоленская область													
Вязьма	-8,3	-7,6	-2,2	5,6	12,3	15,7	17,5	15,9	10,5	4,6	-1,3	-5,8	4,7
Смоленск	-7,5	-6,7	-1,7	6,1	12,6	15,8	17,6	16,3	10,9	5,0	-0,6	-4,9	5,3
Ставропольский край													
Арзгир	-3,3	-2,8	2,9	11,1	17,5	22,3	25,2	24,2	18,3	10,7	4,2	-0,5	10,8
Кисловодск	-2,5	-1,9	1,9	8,2	12,7	16,0	18,6	18,3	14,0	8,6	3,4	-0,7	8,1
Минеральные Воды	-3,3	-2,6	2,8	10,3	15,6	19,7	22,7	22,1	16,9	10,0	3,8	-1,1	9,8
Невинномысск	-3,1	-2,2	3,1	10,4	15,7	19,6	22,5	22,0	16,9	10,1	3,9	-0,9	9,8
Ставрополь	-2,9	-2,3	2,3	9,9	15,3	19,3	22,3	21,7	16,4	9,8	3,8	-0,5	9,6
Тамбовская область													
Тамбов	-8,8	-8,3	-2,6	7,5	14,9	18,3	20,2	18,7	12,7	5,6	-1,0	-6,1	5,9
Республика Татарстан (Татарстан)													
Буцльма	-12,8	-11,8	-5,5	4,5	12,9	16,9	18,8	16,9	11,1	3,2	-4,3	-10,1	3,3
Елабуга	-12,5	-11,5	-4,2	5,3	13,4	17,9	20,0	17,6	11,6	4,0	-3,3	-9,7	4,0
Казань	-11,6	-10,7	-4,2	5,4	13,6	17,8	20,0	17,9	11,8	4,3	-2,9	-8,6	4,4
Тверская область													
Бежецк	-10,7	-9,2	-3,5	4,2	11,9	15,7	17,6	15,6	10,0	3,8	-1,6	-6,8	3,9
Спарца	-8,7	-7,9	-2,3	5,3	12,0	15,6	17,6	15,8	10,3	4,5	-1,3	-5,9	4,6
Тверь	-8,8	-8,0	-2,1	5,5	12,4	16,2	18,4	16,4	10,6	4,6	-1,4	-6,0	4,8
Томская область													
Александровское	-21,4	-19,0	-9,6	-1,6	6,1	14,8	18,0	14,1	7,7	-0,8	-11,6	-18,1	-1,8
Колпашево	-20,2	-17,5	-8,5	0,1	7,8	15,7	18,4	14,7	8,3	0,3	-10,2	-17,1	-0,7
Средний Васюган	-20,1	-17,4	-8,0	0,2	7,7	15,6	18,4	14,5	8,3	0,1	-10,5	-17,0	-0,7
Томск	-18,1	-15,7	-7,3	1,7	9,6	16,2	18,7	15,4	9,1	1,4	-8,5	-15,2	0,6
Усть-Озерное	-21,1	-18,1	-8,9	-0,4	7,1	15,6	18,5	14,4	7,7	-0,7	-11,7	-18,3	-1,3
Тюльнская область													
Тцла	-8,0	-7,5	-2,1	6,6	13,8	17,1	19,0	17,4	11,6	5,4	-1,0	-5,6	5,6
Республика Тыва													
Кызыл	-29,4	-24,3	-10,6	4,7	12,2	18,5	20,3	17,5	10,3	0,9	-13,2	-25,7	-1,6
Тюменская область													
Демьянское	-18,9	-16,7	-7,4	0,7	8,3	15,3	18,0	14,3	8,4	0,6	-9,4	-15,9	-0,2
Тобольск	-18,4	-16,3	-7,2	2,3	9,9	16,3	18,5	15,1	9,1	1,5	-8,1	-15,2	0,6
Тюмень	-16,3	-14,0	-5,6	4,0	11,2	16,6	18,5	15,6	9,7	2,2	-6,8	-13,4	1,8
Удмуртская Республика													
Глазов	-14,3	-12,9	-5,6	2,9	10,8	15,7	17,9	15,2	9,4	2,2	-5,2	-11,2	2,1
Ижевск	-13,5	-12,2	-5,1	3,9	12,0	16,6	18,7	16,2	10,3	2,7	-4,6	-10,7	2,9
Сарапул	-13,2	-12,0	-5,0	4,3	12,5	17,2	19,3	16,8	10,8	3,2	-4,3	-10,4	3,3
Ульяновская область													
Сурское	-10,9	-10,6	-4,1	6,1	13,7	17,4	19,5	17,5	11,7	4,6	-2,1	-7,8	4,6
Ульяновск	-10,6	-10,8	-4,5	5,9	13,9	18,1	20,0	18,0	12,2	4,6	-2,6	-8,1	4,7
Хабаровский край													
Аян	-18,0	-16,4	-10,2	-3,3	1,9	7,5	12,2	13,6	9,4	0,6	-10,3	-16,1	-2,4
Байдаксов	-20,0	-19,2	-13,4	-4,4	2,1	11,0	15,0	15,8	11,8	3,7	-7,0	-15,8	-1,7
Бикин	-20,6	-15,9	-5,7	5,4	12,8	18,2	21,6	20,3	13,7	5,3	-6,3	-17,5	2,6
Вяземский	-19,8	-15,5	-6,1	5,0	12,7	18,2	21,5	20,0	13,6	5,2	-6,6	-17,0	2,6
Гвасюхи	-23,8	-19,0	-8,9	2,5	10,4	16,4	20,0	18,5	11,6	2,4	-9,6	-20,9	0,0



**ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ
ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.**

Населенный пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Джаорэ	-19,4	-17,6	-11,0	-2,6	3,3	11,5	15,6	16,1	11,5	2,8	-8,0	-16,5	-1,2
Им. Полны Осипенко	-26,7	-21,4	-10,8	0,5	8,4	15,1	18,2	17,0	10,7	1,2	-13,0	-24,4	-2,1
Комсомольск-на-Амуре	-24,9	-19,7	-9,1	2,5	10,8	17,4	20,8	19,1	12,5	3,2	-10,1	-21,5	0,1
Нижнеамурское	-25,1	-21,0	-10,8	1,1	9,6	16,1	19,5	18,0	11,7	2,7	-10,3	-21,9	-0,9
Николаевск-на-Амуре	-22,2	-19,3	-11,6	-2,2	5,1	13,0	16,7	16,0	10,5	1,9	-10,1	-19,5	-1,8
Охотск	-20,8	-18,7	-12,6	-4,4	2,0	7,7	12,5	13,5	8,6	-1,7	-13,7	-19,3	-3,9
Советская Гавань	-15,8	-13,7	-6,6	0,9	6,1	10,9	14,8	16,8	12,9	5,6	-4,4	-12,7	1,2
Софийский Прииск	-31,0	-25,8	-15,7	-3,8	5,5	12,4	15,6	13,0	6,0	-4,6	-19,5	-29,8	-6,5
Троицкое	-21,8	-17,6	-8,1	3,3	11,6	17,8	21,0	19,5	13,2	4,4	-7,8	-18,7	1,4
Хабаровск	-20,2	-16,0	-6,6	4,6	12,4	18,0	21,4	19,7	13,6	4,9	-7,2	-17,7	2,2
Чимкан	-21,7	-17,8	-10,1	-2,2	2,8	8,6	12,6	14,2	9,9	1,0	-12,0	-20,4	-2,9
Республика Хакасия													
Абакан	-18,7	-16,3	-6,0	4,0	11,3	17,8	19,9	16,8	10,0	2,0	-7,5	-15,4	1,5
Шира	-17,0	-15,4	-7,0	2,4	9,6	15,9	18,1	15,2	9,0	1,6	-7,6	-14,5	0,9
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра													
Березово	-22,1	-20,1	-10,6	-3,7	3,9	12,4	16,5	12,6	6,5	-2,1	-12,8	-18,7	-3,2
Кондинское	-18,9	-17,0	-7,9	0,6	8,7	16,0	18,8	15,2	8,8	0,7	-9,1	-15,6	0,0
Лыцши	-17,8	-15,5	-6,2	1,7	9,0	15,7	18,3	14,8	8,8	0,8	-8,5	-14,8	0,5
Октябрьское	-20,9	-18,4	-8,8	-1,6	5,7	13,6	17,2	13,2	7,0	-1,5	-11,4	-17,7	-2,0
Сосьва	-22,4	-19,6	-9,3	-2,0	5,5	13,1	17,0	12,9	6,8	-1,6	-12,8	-18,9	-2,6
Сургут	-21,1	-19,0	-9,7	-2,2	5,5	14,3	18,1	14,2	7,8	-0,9	-11,6	-17,8	-1,9
Узун	-20,6	-18,1	-8,6	-0,8	6,5	14,8	17,9	14,1	7,9	-0,5	-11,1	-17,6	-1,4
Ханты-Мансийск	-20,1	-17,9	-8,4	-0,7	7,0	14,8	18,0	14,2	7,9	-0,3	-10,4	-16,8	-1,1
Челябинская область													
Верхнеуральск	-16,7	-15,8	-8,2	3,7	11,6	16,3	17,8	15,6	9,8	2,2	-6,2	-13,8	1,4
Нязепетровск	-15,1	-13,4	-5,6	3,5	10,6	15,6	17,4	14,7	9,2	2,0	-6,0	-12,5	1,7
Челябинск	-15,0	-13,5	-5,8	4,7	12,4	17,6	19,2	16,7	11,0	3,5	-5,3	-12,2	2,8
Чеченская Республика													
Грозный	-2,7	-1,8	3,8	11,0	16,7	21,1	24,0	23,1	18,2	10,8	4,6	-0,1	10,7
Чувашская Республика – Чувашия													
Поречье	-10,9	-10,4	-4,3	5,8	13,5	17,1	19,2	17,3	11,4	4,1	-2,7	-8,1	4,3
Чебоксары	-11,4	-10,4	-4,3	4,8	13,0	17,1	19,4	17,2	11,2	3,9	-3,2	-8,7	4,0
Чукотский АО													
Анадырь	-20,9	-21,9	-19,5	-13,0	-1,9	6,3	11,4	10,1	4,7	-4,9	-13,7	-19,6	-6,9
Березово	-24,2	-24,9	-23,7	-15,1	-1,6	9,1	12,2	9,7	3,2	-7,9	-18,8	-25,2	-8,9
Марково	-25,6	-25,0	-21,3	-13,6	0,0	11,6	14,6	11,2	4,4	-7,5	-18,6	-24,9	-7,9
Омолон	-36,8	-34,4	-25,8	-13,3	2,2	12,1	14,4	10,5	3,2	-10,5	-26,6	-35,5	-11,7
Островное	-34,0	-32,5	-24,2	-12,8	1,9	11,9	14,0	9,9	2,8	-10,8	-25,1	-32,7	-11,0
Усть-Олой	-36,1	-34,3	-25,4	-13,0	2,3	11,9	13,9	9,8	2,8	-10,9	-26,6	-34,6	-11,7
Эньмцвеем	-25,7	-25,4	-22,5	-15,1	-0,8	10,6	13,4	9,9	2,9	-8,8	-19,2	-24,8	-8,8
Ямало-Ненецкий автономный округ													
Мартресала	-21,6	-21,9	-17,3	-12,8	-5,2	2,3	7,3	7,2	3,8	-4,2	-12,7	-17,9	-7,8
Надым	-23,7	-22,6	-14,0	-7,5	0,2	10,5	15,7	12,0	5,8	-3,9	-15,1	-20,5	-5,3
Салехард	-24,1	-23,1	-15,1	-8,6	-0,8	9,2	14,6	11,2	5,4	-3,8	-14,9	-20,3	-5,9
Тарко-Сале	-25,2	-23,6	-14,9	-7,8	0,0	11,3	16,4	12,4	5,8	-4,3	-16,1	-21,7	-5,6
Уренгой	-26,5	-24,9	-16,7	-10,0	-1,6	9,7	15,5	11,7	5,0	-5,5	-17,7	-22,8	-7,0
Ярославская область													
Ярославль	-10,2	-9,1	-3,3	4,7	12,0	16,1	18,4	16,2	10,3	4,0	-2,3	-7,3	4,3



1.4. Предельно допустимые деформации

Имеется 2 подхода к определению предельных деформаций, регламентированных СП 22.:

Подход №1 (п. 5.6.46, 5.6.47 СП 22) Предельные деформации назначаются из необходимости соблюдения:

а) предельных деформаций основания $S_{u,s}$ исходя из технологических или архитектурных требований к деформации сооружения (изменение проектных уровней и положений сооружения в целом, отдельных его элементов и оборудования, включая требования к нормальной работе лифтов, кранового оборудования, подъемных устройств элеваторов и т.п.);

б) предельных деформаций сооружения $S_{u,f}$ исходя из требований к прочности, устойчивости и трещиностойкости конструкций, включая общую устойчивость сооружения.

Подход №2 (п.5.6.50 СП22) Предельная деформация устанавливается приложением Г СП 22. Этот подход используется на 98% проектируемых зданий.

Цитата П.5.6.50 СП 22: Предельные значения деформаций оснований допускается принимать согласно приложению Г, если конструкции сооружения не рассчитаны на усилия, возникающие в них при взаимодействии с основанием и в задании на проектирование не установлены значения $S_{u,s}$.

Справочная таблица 12. Предельные деформации основания фундаментов объектов нового строительства. (фрагмент Приложения Г. СП 22).

Сооружения	Предельные деформации основания фундаментов	
	Относительная разность осадок $(\frac{\Delta s}{L})_u$	Максимальная S_u^{max} или средняя \bar{S}_u осадка, см
1 Производственные и гражданские одноэтажные и многоэтажные здания с полным каркасом:		
железобетонным	0,002	10
железобетонным, с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий, а также здания монолитной конструкции	0,003	15
стальным	0,004	15
стальным, с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий	0,005	18
2 Здания и сооружения, в конструкциях которых не возникают усилия от неравномерных осадок	0,006	20

Сооружения	Предельные деформации основания фундаментов	
	Относительная разность осадок $\left(\frac{\Delta s}{L}\right)_u$	Максимальная s_u^{max} или средняя \bar{s}_u осадка, см
3 Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из:		
крупных панелей	0,0016	12
крупных блоков или кирпичной кладки без армирования	0,0020	12
крупных блоков или кирпичной кладки без армирования, с армированием, в том числе с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий, а также здания монолитной конструкции	0,0024	18
Высотные здания (более 75 м).		
Высотные здания высотой 75–200м (п. 10.28 СП 22)		20
Высотные здания высотой 300м (п. 10.28 СП 22)		10
Высотные здания высотой от 200 до 300м (п. 10.28 СП 22)	По интерполяции между 200 и 300м	

Примечание к таблице.

Значение предельной **максимальной осадки основания фундаментов s_u^{max}** применяется к сооружениям, возводимым **на отдельно стоящих фундаментах на естественном** (искусственном) основании или **на свайных фундаментах с отдельно стоящими ростверками** (ленточные, столбчатые и т.п.).

2 Значение предельной **средней осадки \bar{s}_u** основания фундаментов применяются к сооружениям, возводимым на **едином монолитном железобетонном фундаменте неразрезной конструкции** (перекрестные ленточные и плитные фундаменты на естественном или искусственном основании, свайные фундаменты с плитным ростверком, плитно-свайные фундаменты и т.п.).

2. Плитный фундамент

2.1. Определение расчетного сопротивления грунта

Расчетное сопротивление грунта R в соответствии с п. 5.6.7. СП 22. (формула 5.7):

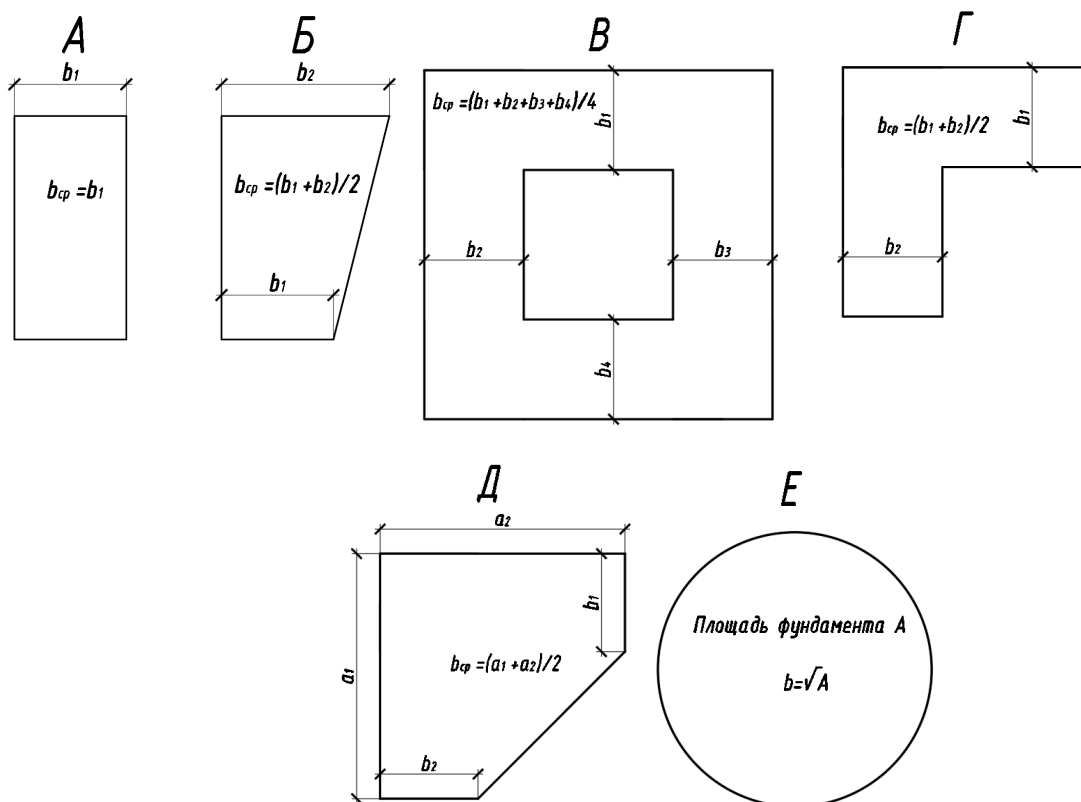
$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_{\gamma}k_2b\gamma_{II} + M_qd_1\gamma'_{II} + (M_q - 1)d_b\gamma'_{II} + M_c c_{II}]$$

b – ширина фундамента (при бетонной или щебеночной подготовке толщиной h_n допускается увеличивать b на $2h_n$).

Принимается для отдельных участков фундамента здания по ширине b , на которой рассчитывается давление и расчетное сопротивление (случаи А–Д по опыту проектирования).

Для круглого фундаментов b находят как квадратный корень от площади фундамента A (случай Е см. примечание к п. 5.7. СП 22).

b_{cp} используется для определения минимальной глубины сжимаемой толщи (для расчета R не используется).



k – коэффициент, принимаемый равным 1, если прочностные характеристики грунта (φ_{II} и c_{II}) определены непосредственными испытаниями (по результатам ИГИ), и $k = 1,1$, если они приняты по справочным таблицам приложения А СП 22.;

γ_{c1}, γ_{c2} – коэффициенты условий работы, принимаемые по таблице 5.5 СП 22.;

M_{γ}, M_q, M_c – коэффициенты по таблице 5.5 СП 22.

d_1 для плитных фундаментов принимается как наименьшая глубина от подошвы плиты до уровня планировки.

d_b глубина подвала, расстояние от уровня планировки до пола подвала, м (для сооружений с подвалом глубиной свыше 2 м принимают равным 2 м).

Определение k_z	
при $b < 10\text{м}$	при $b \geq 10\text{м}$
$k_z = 1$	$k_z = \frac{z_0}{b} + 0,2$ $z_0 = 8\text{м}$

c_{II} – осредненное расчетное значение удельного сцепления, кПа

φ_{II} – осредненное расчетное значение угла внутреннего трения, град

γ_{II} – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды).

$\varphi_{II}, c_{II}, \gamma_{II}$ – определяют при характеристиках грунта, определенных при доверительной вероятности 0,85 (не 0,95, поскольку R это вторая группа предельных состояний). Значения определяются для грунта мощностью z .

Определение z (отсчитывается вниз от подошвы фундамента)	
при $b < 10\text{м}$	при $b \geq 10\text{м}$
$z = b/2$	$z = z_1 + 0,1 b$ $z_1 = 4\text{м}$

Для случая 1 (одного) слоя грунта, залегающего в пределах высоты z		
φ_{II}	c_{II}	γ_{II}
		При наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды по формуле $\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}$ γ_s – удельный вес частиц грунта γ_w – удельный вес воды.

Для случая 2 (двух) слоев в пределах высоты z		
φ_{II}	c_{II}	γ_{II}
$\varphi_{II} = \frac{\varphi_{II(1)} h_{1z} + \varphi_{II(2)} h_{2z}}{z}$	$c_{II} = \frac{c_{II(1)} h_{1z} + c_{II(2)} h_{2z}}{z}$	$\gamma_{II} = \frac{\gamma_{II(1)} h_{1z} + \gamma_{II(2)} h_{2z}}{z}$
		При наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды по формуле $\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}$ γ_s – удельный вес частиц грунта γ_w – удельный вес воды.
$z = h_{1z} + h_{2z}$		
h_{1z} – высота 1 слоя в пределах высоты z .		
h_{2z} – высота 2 слоя в пределах высоты z .		

Для случая 3 (трех) слоев в пределах высоты z		
φ_{II}	c_{II}	γ_{II}
$\varphi_{II} = \frac{\varphi_{II(1)}h_{1z} + \varphi_{II(2)}h_{2z} + \varphi_{II(3)}h_{3z}}{z}$	$c_{II} = \frac{c_{II(1)}h_{1z} + c_{II(2)}h_{2z} + c_{II(3)}h_{3z}}{z}$	$\gamma_{II} = \frac{\gamma_{II(1)}h_{1z} + \gamma_{II(2)}h_{2z} + \gamma_{II(3)}h_{3z}}{z}$ При наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды по формуле $\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}$ γ_s – удельный вес частиц грунта γ_w – удельный вес воды.
$z = h_{1z} + h_{2z} + h_{3z}$		
h_{3z} – высота 3 слоя в пределах высоты		

γ'_{II} – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих **выше подошвы фундамента** (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды), кН/м³. γ'_{II} определяется аналогично γ_{II} , меняя в формулах z на d_1 .

Справочная таблица 13. Определение коэффициентов γ_{C1}, γ_{C2} . Таблица 5.4. СП 22.

Грунты	Коэффициент γ_{C1}	Коэффициент γ_{C2} для сооружений с жесткой конструктивной схемой (к такой относятся монолитные здания) при отношении длины сооружения или его отсека к высоте L/H , равном					
		4 и более	3,5	3	2,5	2	1,5 и менее
Крупнообломочные с песчаным заполнителем и пески, кроме мелких и пылеватых	1,4	1,2	1,24	1,28	1,32	1,36	1,4
Пески мелкие	1,3	1,1	1,14	1,18	1,22	1,26	1,3
Пески пылеватые: маловлажные	1,25	1,0	1,04	1,08	1,12	1,16	1,2
и влажные, насыщенные водой	1,1	1,0	1,04	1,08	1,12	1,16	1,2
Глинистые, а также крупнообломочные с глинистым заполнителем с показателем текучести грунта или заполнителя $I_L \leq 0,25$	1,25	1,0	1,02	1,04	1,06	1,08	1,1
То же, при $0,25 < I_L \leq 0,5$	1,2	1,0	1,02	1,04	1,06	1,08	1,1
То же, при $I_L > 0,5$	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Примечания: 1 К сооружениям с жесткой конструктивной схемой относят сооружения, конструкции которых специально приспособлены к восприятию усилий от деформации оснований. 2 Для зданий с гибкой конструктивной схемой значение коэффициента γ_{C2} принимают равным единице. 3 При промежуточных значениях L/H коэффициент γ_{C2} определяют интерполяцией. 4 Для рыхлых песков γ_{C1} и γ_{C2} , принимают равными единице.							

Справочная таблица 14. Определение коэффициентов M_γ, M_q, M_c . Таблица 5.4. СП 22.

Угол внутреннего трения φ_{II} , град.	Коэффициенты		
	M_γ	M_q	M_c
0	0	1,00	3,14
1	0,01	1,06	3,23
2	0,03	1,12	3,32
3	0,04	1,18	3,41
4	0,06	1,25	3,51
5	0,08	1,32	3,61
6	0,10	1,39	3,71
7	0,12	1,47	3,82
8	0,14	1,55	3,93
9	0,16	1,64	4,05
10	0,18	1,73	4,17
11	0,21	1,83	4,29
12	0,23	1,94	4,42
13	0,26	2,05	4,55
14	0,29	2,17	4,69
15	0,32	2,30	4,84
16	0,36	2,43	4,99
17	0,39	2,57	5,15
18	0,43	2,73	5,31
19	0,47	2,89	5,48
20	0,51	3,06	5,66
21	0,56	3,24	5,84
22	0,61	3,44	6,04
23	0,66	3,65	6,24
24	0,72	3,87	6,45
25	0,78	4,11	6,67
26	0,84	4,37	6,90
27	0,91	4,64	7,14
28	0,98	4,93	7,40
29	1,06	5,25	7,67
30	1,15	5,59	7,95
31	1,24	5,95	8,24
32	1,34	6,34	8,55
33	1,44	6,76	8,88
34	1,55	7,22	9,22
35	1,68	7,71	9,58
36	1,81	8,24	9,97
37	1,95	8,81	10,37
38	2,11	9,44	10,80
39	2,28	10,11	11,25
40	2,46	10,85	11,73
41	2,66	11,64	12,24
42	2,88	12,51	12,79
43	3,12	13,46	13,37
44	3,38	14,50	13,98
45	3,66	15,64	14,64

Для расчета давления p под подошвой фундамента для расчета осадок используют нормативные длительные нагрузки (п. 5.2.5 СП 22).

Давление p не должно превышать предельно установленное в справочной таблице 15.

Справочная таблица 15. Предельное давление под подошвой фундамента p

Параметр	Любой участок, кроме угловой и краевой зоны	Краевая зона	Угловая зона
Предельное сопротивление основания при расчете по деформациям	R	$1,2 R$ (п.5.6.26 СП 22)	$1,5 R$ (п.5.6.26 СП 22)

Частые вопросы.

Вопрос 1. Почему расчетное сопротивление грунта относится ко второй группе предельных состояний?

Ответ. Расчетное сопротивление грунта ограничивает деформации грунта. При превышении расчетного сопротивления зависимости между напряжениями и деформациями перестает быть линейной и грунт переходит в пластику с резким нарастанием деформаций.

Вопрос №2. Допускается ли отрыв фундамента от основания?

Ответ. Для рассматриваемых в справочнике зданий в соответствии с п. 5.6.27. СП 22 допускается отрыв фундамента от основания не более $\frac{1}{4}$ длины (случай для здания без крана). В действительности ни один опытный проектировщик не допустит, чтобы конструктивное решение было с таким отрывом фундамента, поскольку предсказать фактическое поведение конструкций и грунта расчетным путем довольно сложно.

Вопрос №3. В каких случаях наиболее часто происходят отрывы?

Ответ:

Случай 1. Большие ветровые нагрузки, большая высота здания и малая площадь фундамента.

Случай 2. Большие односторонние консоли здания в сочетании с ветровыми нагрузками.

Случай 3. Малая жесткость основания в сочетании с ветровыми нагрузками и/или односторонними консолями.

Случай 4. Всплытие фундамента/большое действие давления воды.

2.2. Алгоритм расчета коэффициентов постели в программе

Коэффициент постели грунта C_1 (или коэффициент жесткости грунта) – это коэффициент равный отношению давления, приложенного к какой-либо точке (элементу) поверхности основания P , к осадке s возникающей от этого давления в этой же точке.

$$C_1 = \frac{P}{s}$$

P – давления приложенное к поверхности грунта;

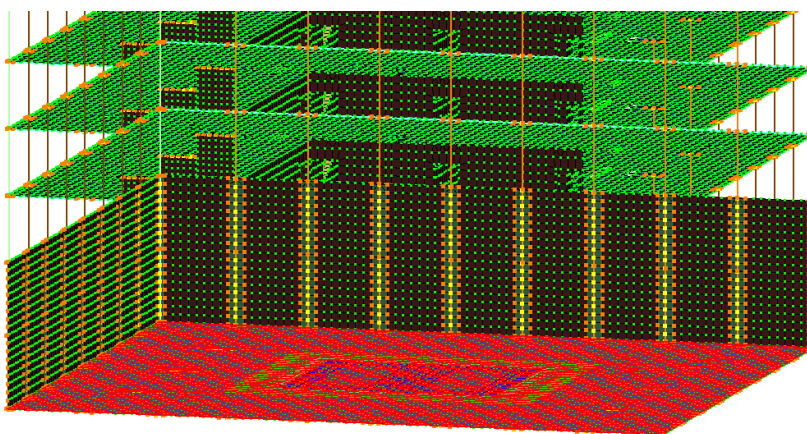
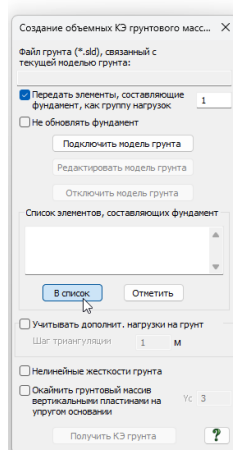
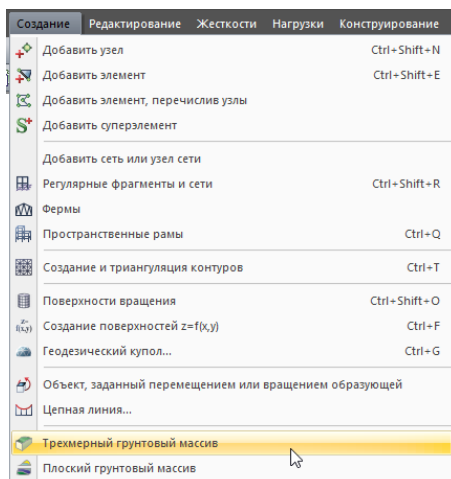
s – осадка в точке приложения давления;

Шаг. 1. Подключение грунтового массива.

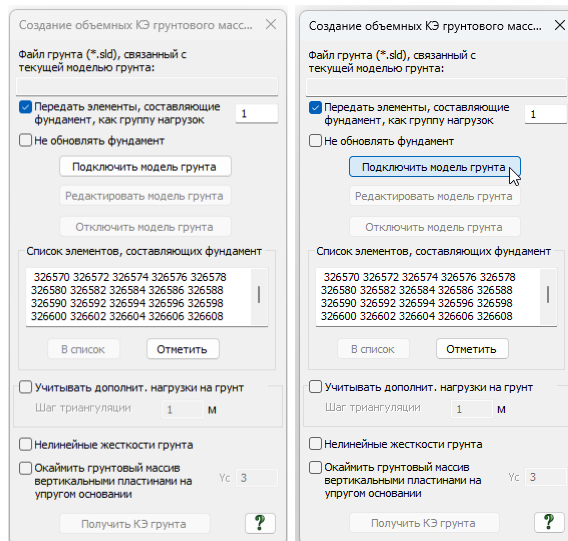
На данном шаге программе необходимо «объяснить», что является фундаментной плитой.

В «Трехмерном грунтовом массиве» задаем список элементов, составляющих фундамент.

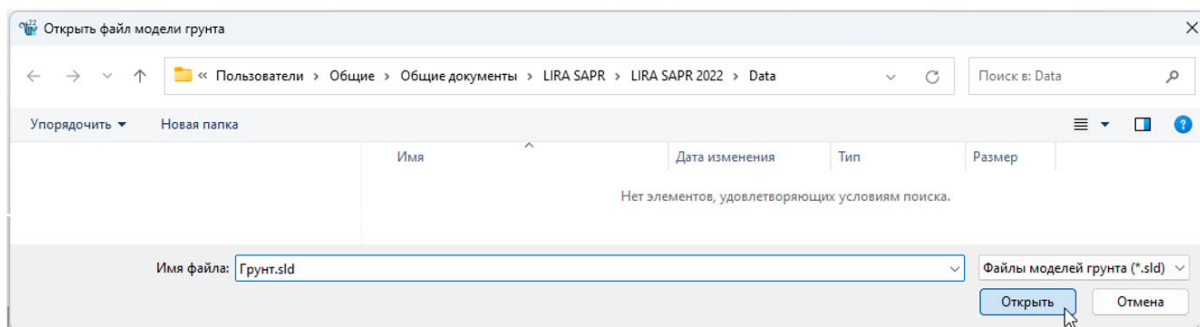
Для этого выделяем  элементы фундаментной плиты и нажимаем «В список».



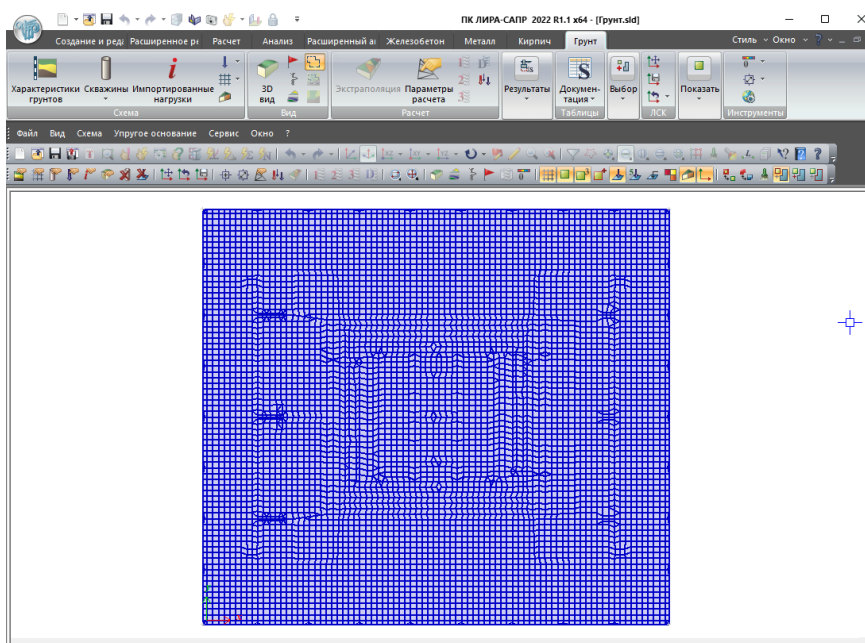
Далее нажимаем «Подключить модель грунта».



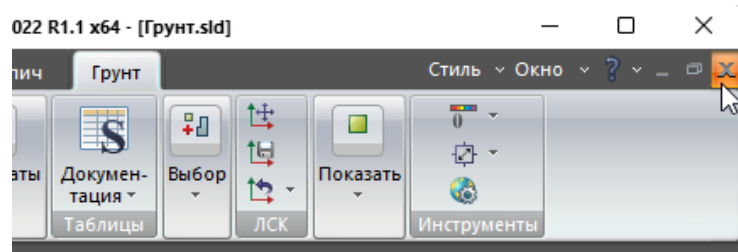
Во всплывшем окне вводим имя и при необходимости меняем расположение сохраняемого файла. Нажимаем «Открыть».



Появится окно с системой «Грунт».

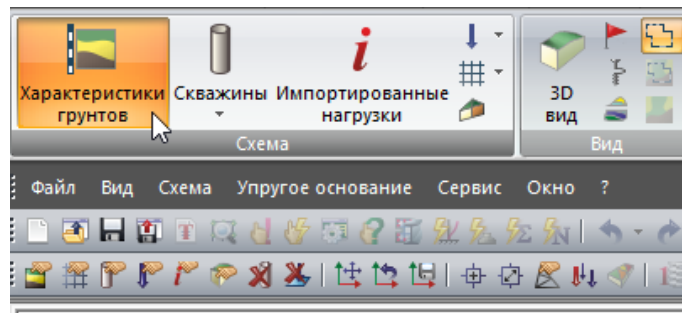


Если нужно выйти назад в расчетную модель, то нужно нажать нижний крестик.



Шаг 2. Задание характеристик грунта

Для задания физико-механических свойств грунт нажимаем на «Характеристики грунта».



Появится окно со свойствами. ЛИРА-САПР изначально имеет «примеры» задания свойств, которые нужно удалить и записать свои свойства по результатам инженерно-геологических изысканий (ИГИ).

Все свойства примера взяты из таблица-примера 1 настоящего справочника.

Наименование грунта	Цвет	Модуль деформации, МПа	Коэффициент Пуассона	Удельный вес грунта, МН/м3	Коэффициент перехода ко 2 модулю деформации	Природная влажность, доли	Показатель текучести IL	Вода Лесс Насыпь Органи	Коэффициент пористости e	Содержание растительных остатков, q	Удельное сцепление c, МПа	Угол внутреннего трения φ_i , °	Предельное напряжение R_s , МПа	Коэффициент Савинова Co , МН/м3	Скальные грунты Прочности R_c , МПа	Коэф. прочности K_s	Коэффициент пропорциональности K , тс/м**4
Насыпной ИГЭ1	10	0.3	0.18	5	0.1				0.65	0	0.0001	24	0.0001	12			466.667
Песок ИГЭ2	40	0.3	0.182	5	0.09				0.55	0	0.001	36	0.0001	15			600
Песок ИГЭ2 W	40	0.3	0.182	5	0.09			W	0.55	0	0.001	36	0.0001	15			600
Суглинок ИГЭ3	21	0.35	0.171	5	0.17	0.125			0.85	0	0.051	19	0.0001	25			550
Глина ИГЭ4	12	0.42	0.192	5	0.3	0.375			0.8	0	0.046	13	0.0001	25			450
Песок ИГЭ5	45	0.3	0.185	5	0.08			W	0.5	0	0.0001	39	0.0001	15			1300
Известняк ИГЭ6	2500	0.27	0.022	5	0.062				0.01	0	0.05	29	0.0001	30	9.3	0.32	4335.5

Примечания: значения c, φ_i , R_s в расчете коэффициентов постели $C1$, $C2$ не используются, но задаются для последующего экспорта в жесткости ЛИРА-САПР. Значения IL, R_c , K_s и K используются для расчета жесткости свай ($K3$ 57)

Откуда брать параметры для внесения в таблицу

Модуль деформации	Коэффициент Пуассона	Удельный вес грунта	Коэффициент перехода ко 2 модулю деформаций
ИГИ	По справочной таблице 2	ИГИ Доверительная вероятность $\alpha = 0,85$	Модуль упругости грунта по ветви вторичного нагружения записывается под чертой, например, $\frac{45}{225}$. Примерное соотношение между первичным и вторичным модулем лежит в диапазоне от 2...5. При отсутствии опытных определений модуля деформации $E_{e,i}$ для сооружений геотехнических категорий 1 и 2 допускается принимать $E_{e,i} = 5E_i$ (примечание к п. 5.6.31 СП 22) E_i - модуль деформации i -го слоя грунта по ветви первичного нагружения, кПа; $E_{e,i}$ - модуль деформации i -го слоя грунта по ветви вторичного нагружения, кПа. В примере принят равным 5.

Природная влажность доли	Показатель текучести I_L	Вода	Коэффициент пористости e	Содержание растительных остатков	Удельное сцепление c
ИГИ Задаются (не проценты!), а именно доли.	ИГИ	Если через слой грунта проходит вода, то задаются 2 строки свойств слоев грунта . Одна с W , другая без W .	ИГИ	ИГИ Если информации нет, то принимается 0	ИГИ Доверительная вероятность $\alpha = 0,95$

Угол внутреннего трения ϕ	Предельное напряжение растяжения	Коэффициент Савинова	Скальные грунты		Коэффициент пропорциональности K
			Предел прочности R_c	Коэффициент снижения прочности K_c	
ИГИ Доверительная вероятность $\alpha = 0,95$	Для дисперсных и трещиноватых скальных обычно задается число близкое к 0	Можно принять по выпадающей справке ЛИРы. В расчетном примере эти параметры не используются	ИГИ	ИГИ	Принять по выпадающей справке ЛИРы

Для сохранения обязательно необходимо нажать галочку «Применить» .

Особенности задания свойств и расчета:

При задании модуля деформации $E \geq 100$ МПа считается, что данному ИГЭ назначен признак скала. В расчете коэффициентов постели при наращивании глубины сжимаемой толщи, наращивание будет сразу же **остановлено** при достижении слоя с таким признаком, но при этом значение H_c **будет принято не менее указанной Минимальной глубины сжимаемой толщи**.

От автора: если здание имеет в своем основании скальные грунты, то расчеты в 90% случаев ведут в ПК Plaxis/Midas. ЛИРА-САПР, SCAD, ЛИРА 10 будут давать некорректные осадки/жесткости свай.

Частые вопросы.

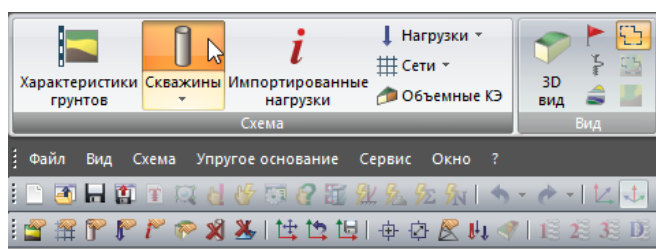
Вопрос №1.

Какой физический смысл перехода от одного модуля к другому?

Ответ. С повышенным модулем $E_{e,i} = 5E_i$ программа считает до того момента пока нагрузка не сравняется с тем весом грунта, который вынули из котлована. Грунт до достижения данной нагрузки имеет довольно малую осадку, что понятно, поскольку деформации грунта считаются уже сложившимися – грунт уплотнен. Когда нагрузка превышает вынутый вес грунта, то осадка нарастает более интенсивно с модулем E_i .

Шаг 3. Задание скважин

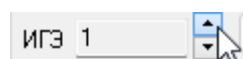
Для задания скважин нажимаем на «Скважины».




1. Вводим абсолютную отметку устья.

2. Ставим галочку и вводим координаты.

3. Щелкаем левой кнопкой мыши по строчке и добавляем грунты




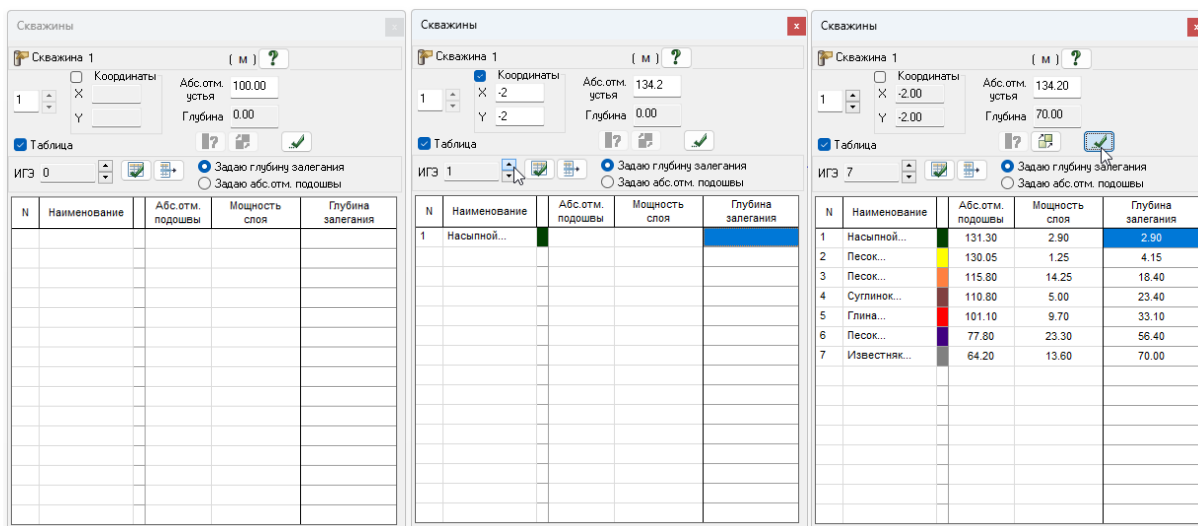
4. Вводим глубины залегания или абсолютную отметку подошвы (ставим нужный маркер).

5. Нажимаем . Программа должна автоматически вычислить все мощности и отметки.

Должна появиться скважина с номером .

6. Вводим новую скважину  по пунктам 1-5.

В конце ввода обязательно ставим .



ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ
ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.

Наименование грунта	Скважина №1			Наименование грунта	Скважина №2		
	Абсолютная отметка устья 132,4м				Абсолютная отметка устья 132,4м		
	X = -2				X = 16,2		
	Y = -2				Y = -2		
	Абс. отметка подшвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м		Абс. отметка подшвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м
Насыпной ИГЭ №1	131,3	2,9	2,9	Насыпной ИГЭ №1	129,8	2,6	2,6
Песок ИГЭ №2	130,05	1,25	4,15	Песок ИГЭ №2	128,2	1,6	4,2
Песок ИГЭ №2 W	115,8	14,25	18,4	Песок ИГЭ №2 W	113,7	14,5	18,7
Суглинок ИГЭ №3	110,8	5	23,4	Суглинок ИГЭ №3	107,6	6,1	24,8
Глина ИГЭ №4	101,1	9,7	33,1	Глина ИГЭ №4	97,3	10,3	35,1
Песок ИГЭ №5 W	77,8	23,3	56,4	Песок ИГЭ №5 W	77,3	20	55,1
Известняк ИГЭ №6	64,2	13,6	70	Известняк ИГЭ №6	62,4	14,9	70

Наименование грунта	Скважина №3			Наименование грунта	Скважина №4		
	Абсолютная отметка устья 132,3 м				Абсолютная отметка устья 132,4м		
	X = 34,4				X = -2		
	Y = -2				Y = 14,4		
	Абс. отметка подшвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м		Абс. отметка подшвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м
Насыпной ИГЭ №1	130,5	1,8	1,8	Насыпной ИГЭ №1	129,5	2,9	2,9
Песок ИГЭ №2	128,05	2,45	4,25	Песок ИГЭ №2	128,25	1,25	4,15
Песок ИГЭ №2 W	112,4	15,65	19,9	Песок ИГЭ №2 W	114	14,25	18,4
Суглинок ИГЭ №3	106,2	6,2	26,1	Суглинок ИГЭ №3	109	5	23,4
Глина ИГЭ №4	96,2	10	36,1	Глина ИГЭ №4	99,3	9,7	33,1
Песок ИГЭ №5 W	77,1	19,1	55,2	Песок ИГЭ №5 W	76	23,3	56,4
Известняк ИГЭ №6	62,3	14,8	70	Известняк ИГЭ №6	62,4	13,6	70

Наименование грунта	Скважина №5			Наименование грунта	Скважина №6		
	Абсолютная отметка устья 132,3 м				Абсолютная отметка устья 132,2м		
	X = 16,2				X = 34,4		
	Y = 14,4				Y = 14,4		
	Абс. отметка подшвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м		Абс. отметка подшвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м
Насыпной ИГЭ №1	129,9	2,4	2,4	Насыпной ИГЭ №1	129,7	2,5	2,5
Песок ИГЭ №2	128,1	1,8	4,2	Песок ИГЭ №2	127,95	1,75	4,25
Песок ИГЭ №2 W	113,4	14,7	18,9	Песок ИГЭ №2 W	112,8	15,15	19,4
Суглинок ИГЭ №3	107,3	6,1	25	Суглинок ИГЭ №3	105,9	6,9	26,3
Глина ИГЭ №4	97	10,3	35,3	Глина ИГЭ №4	96,0	9,9	36,2
Песок ИГЭ №5 W	77	20	55,3	Песок ИГЭ №5 W	77,2	18,8	55
Известняк ИГЭ №6	62,3	14,7	70	Известняк ИГЭ №6	62,2	15	70

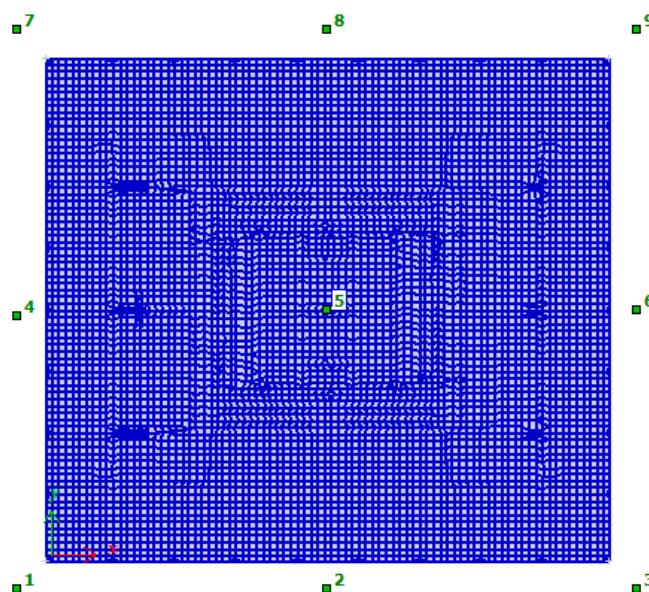


ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ
ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.

Наименование грунта	Скважина №7			Наименование грунта	Скважина №8		
	Абсолютная отметка устья 132,3 м				Абсолютная отметка устья 132,2м		
	X = -2				X = 16,2		
	Y = 30,8				Y = 30,8		
	Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м		Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м
Насыпной ИГЭ №1	129,4	2,9	2,9	Насыпной ИГЭ №1	130	2,2	2,2
Песок ИГЭ №2	128,15	1,25	4,15	Песок ИГЭ №2	128	2	4,2
Песок ИГЭ №2 W	113,4	14,75	18,9	Песок ИГЭ №2 W	112,3	15,7	19,9
Суглинок ИГЭ №3	109,2	4,2	23,1	Суглинок ИГЭ №3	106,7	5,6	25,5
Глина ИГЭ №4	98,9	10,3	33,4	Глина ИГЭ №4	97,4	9,3	34,8
Песок ИГЭ №5 W	76	22,9	56,3	Песок ИГЭ №5 W	76,5	20,9	55,7
Известняк ИГЭ №6	62,3	13,7	70	Известняк ИГЭ №6	62,2	14,3	70

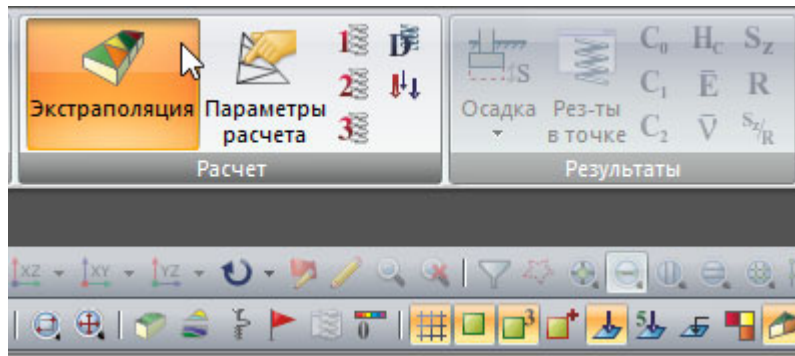
Наименование грунта	Скважина №9		
	Абсолютная отметка устья 132,1 м		
	X = 34,4		
	Y = 30,8		
	Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м
Насыпной ИГЭ №1	129,7	2,4	2,4
Песок ИГЭ №2	127,85	1,85	4,25
Песок ИГЭ №2 W	112,4	15,45	19,7
Суглинок ИГЭ №3	105,2	7,2	26,9
Глина ИГЭ №4	96,2	9	35,9
Песок ИГЭ №5 W	76,9	19,3	55,2
Известняк ИГЭ №6	62,1	14,8	70

Результат задания скважин.



Шаг 4. Экстраполяция.

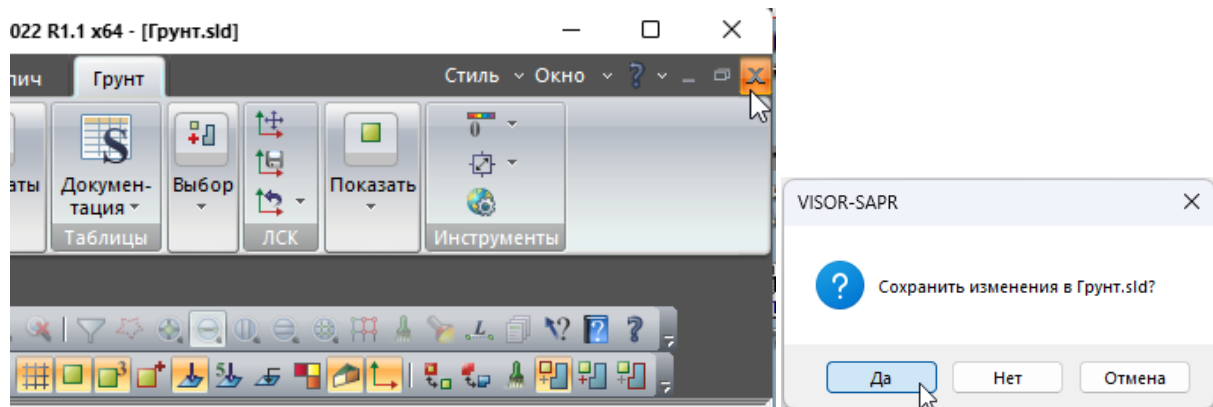
Чтобы программа произвела разбивку пространства между скважинами нужно нажать «Экстраполяцию».



Шаг 5. Приложение нагрузки на подошву

Выходим в начальную расчетную модель. с сохранением.

Если нужно выйти назад в расчетную модель, то нужно нажать нижний крестик.



ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.

Рассчитываем примерную нормативную длительную нагрузку от здания. Разница результатов в способах на окончательный результат не влияет.

Способ 1.

Определение массы здания по РСН и деление нагрузки на площадь подошвы фундамента. Для этих целей в примере используется РСН2.5 или 2.6. Данным РСН соответствуют нормативные длительные нагрузки.

Расчетные сочетания нагрузок

Номер таблицы РСН: 2 | Имя таблицы РСН: СП 20.13330.2011/2016_2

СП 20.13330.2011/2016 | Коэф. надежности по ответственности: 1 (для I-го РС, для II-го РС, для аварийных)

В расчетной схеме заданы: расчетные нагрузки, нормативные нагрузки

Не учитывать сейсмику для II-го РС, Не учитывать особое загруз. для II-го РС

N загруз.	Наименование	Вид	Знакоперен.	Взаимокосп.	Коэф. надежн.	Доля длителн.	1.РСН1	2.РСН2	3.РСН3	4.РСН4	5.РСН5	6.РСН6	7.РСН7	8.РСН8
1	Собственный вес железобет	Постоянное (P)	+		1.1	1.0	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.	0.
2	Пол	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.	0.
3	Кровля	Постоянное (P)	+		1.28	1.0	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781	0.	0.
4	Перегородки	Постоянное (P)	+		1.25	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.	0.
5	Отделка	Постоянное (P)	+		1.3	1.0	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.	0.
6	Фасад	Постоянное (P)	+		1.2	1.0	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.	0.
7	Полезная (основная площадь)	Кратк. доминир. 1 (P1)	+		1.3	0.35	0.77	0.77	0.77	0.77	0.27	0.27	0.	0.
8	Полезная (коридоры)	Кратк. доминир. 1 (P1)	+		1.2	0.35	0.833	0.833	0.833	0.833	0.292	0.292	0.	0.
9	Полезная (кровля)	Кратк. доминир. 1 (P1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.	0.
10	Полезная (кладовые)	Кратк. доминир. 1 (P1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.	0.
11	Оборудование	Длит. доминир. 1 (P1)	+		1.2	1.0	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.	0.
12	Давление грунта(грунт)	Постоянное (P)	+		1.15	1.0	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.	0.
13	Давление грунта(техника)	Кратк. доминир. 1 (P1)	+		1.2	0.35	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.833	0.	0.
14	Давление грунта(пожарная)	Особое (Ps)	+		1.0	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
15	Давление воды	Длит. доминир. 1 (P1)	+		1.0	1.0	1.	1.	1.	1.	1.	1.	0.	0.
16	Снег вариант 1	Кратк. доминир. 1 (P1)	+		1.4	0.5	0.	0.	0.	0.	0.	0.357	0.	0.
17	Снег вариант 2	Кратк. доминир. 1 (P1)	+		1.4	0.5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
18	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.714	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
19	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.	0.714	0.	0.	0.	0.	0.	0.
20	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.	0.	0.714	0.	0.	0.	0.	0.
21	Средняя составляющая вет	Неактивное (H/a)	+		0.0	0.0	0.	0.	0.	0.714	0.	0.	0.	0.
22	Пульсация Ветер X+	Кратк. доминир. 1 (P1)	+		1.4	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.
23	Пульсация Ветер X-	Кратк. доминир. 1 (P1)	+		1.4	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
24	Пульсация Ветер Y+	Кратк. доминир. 1 (P1)	+		1.4	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.
25	Пульсация Ветер Y-	Кратк. доминир. 1 (P1)	+		1.4	0.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

Обзорное сочетание
Особое сочетание

$$p^d + \psi_{11} p_{11}^d + \sum_{i=2}^n \psi_{1i} p_{1i}^d + \psi_{11} p_{11}^d + \psi_{12} p_{12}^d + \sum_{j=3}^m \psi_{1j} p_{1j}^d$$

Добавить | Коэффициенты

Нажимаем на команду просуммировать нагрузки 

Конструирование | Нагрузки | Инструменты

Просуммировать нагрузки
Вычислить суммарные силы и моменты в выбранном загрузении

Выбираем: Таблицу РСН №2 и №6.

Суммирование нагрузок

Нагрузки Нагрузка на фрагмент
 Инерционные силы Веса масс

Список узлов: [пусто] Список элементов: [пусто]

Выбор загрузки: № РСН 1 Единицы: кН/м

Суммарные нагрузки

	Объемные	Пластины	Стержни	Узлы	Всего
Σ P _X					
Σ P _Y					
Σ P _Z					
Σ M _X					
Σ M _Y					
Σ M _Z					

Координаты центров сил

Cx x	Cx y	Cx z	Px
Cy x	Cy y	Cy z	Py
Cz x	Cz y	Cz z	Pz

Определяющий момент

X	Mx
Y	My
Z	Mz

Указать курсором

Суммирование нагрузок

Нагрузки Нагрузка на фрагмент
 Инерционные силы Веса масс

Список узлов: [пусто] Список элементов: [пусто]

Выбор загрузки: № РСН 2 Единицы: кН/м

Суммарные нагрузки

	Объемные	Пластины	Стержни	Узлы	Всего
Σ P _X					
Σ P _Y					
Σ P _Z					
Σ M _X					
Σ M _Y					
Σ M _Z					

Координаты центров сил

Cx x	Cx y	Cx z	Px
Cy x	Cy y	Cy z	Py
Cz x	Cz y	Cz z	Pz

Определяющий момент

X	Mx
Y	My
Z	Mz

Указать курсором

И нажимаем 

Суммирование нагрузок

Нагрузки Нагрузка на фрагмент
 Инерционные силы Веса масс

Список узлов: Все Список элементов: Все

Выбор загрузки: № РСН 6 Единицы: кН/м

Суммарные нагрузки

	Объемные	Пластины	Стержни	Узлы	Всего
Σ P _X	0	-26.7128	0	0	-26.7128
Σ P _Y	0	-26.6824	0	0	-26.6824
Σ P _Z	0	534168	69158.1	0	603326
Σ M _X	0	0	0	0	0
Σ M _Y	0	0	0	0	0
Σ M _Z	0	0	0	0	0

Координаты центров сил

Cx x	-6869.13	Cx y	-0.212402	Cx z	-3.39437	Px
Cy x	32.501	Cy y	-6729.69	Cy z	-4.12017	Py
Cz x	16.216	Cz y	14.3983	Cz z	54.6167	Pz

Определяющий момент

X	0	Mx	8.68678e+006
Y	0	My	-9.78345e+006
Z	0	Mz	-872.877

Указать курсором

Суммирование нагрузок

Нагрузки Нагрузка на фрагмент
 Инерционные силы Веса масс

Список узлов: Все Список элементов: Все

Выбор загрузки: № РСН 6 Единицы: кН/м

Суммарные нагрузки

	Объемные	Пластины	Стержни	Узлы	Всего
Σ P _X	0	-26.7128	0	0	-26.7128
Σ P _Y	0	-26.6824	0	0	-26.6824
Σ P _Z	0	534168	69158.1	0	603326
Σ M _X	0	0	0	0	0
Σ M _Y	0	0	0	0	0
Σ M _Z	0	0	0	0	0

Координаты центров сил

Cx x	-6869.13	Cx y	-0.212402	Cx z	-3.39437	Px
Cy x	32.501	Cy y	-6729.69	Cy z	-4.12017	Py
Cz x	16.216	Cz y	14.3983	Cz z	54.6167	Pz

Определяющий момент

X	0	Mx	8.68678e+006
Y	0	My	-9.78345e+006
Z	0	Mz	-872.877

Указать курсором

Площадь: 33,2м x 29,6м= 982,72м²

Давление под подошвой: 603 326 /982,7=613,9кПа

Способ 2.

Можно рассчитать примерно, полагая, что вес 1 м³ железобетонного монолитного здания, как правило, находится в диапазоне 0,45...0,7м/м³. (4,5...7 кН/м³).


Высота здания в примере 131,3м

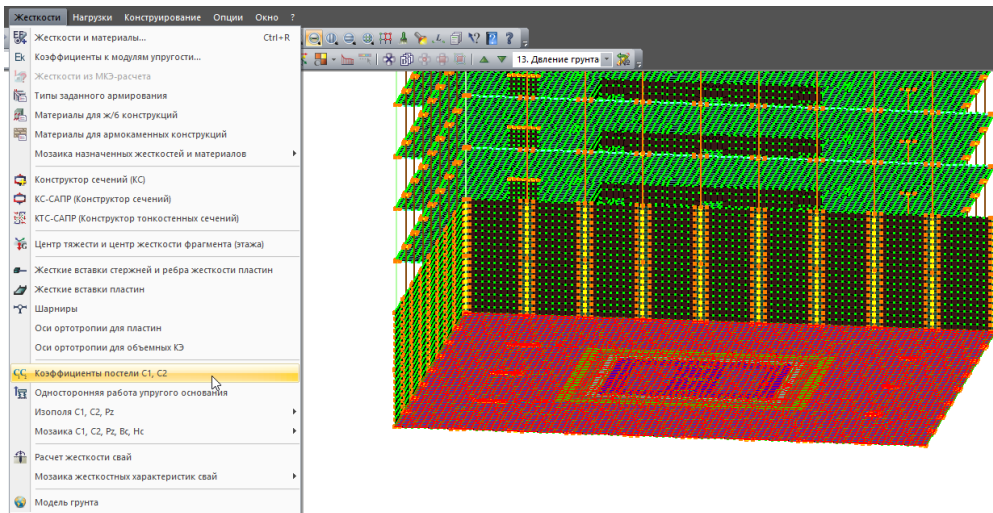
131,3 x 5,0 кН/м³ =657кПа.

Способ 3.

Не рассчитывать нагрузку. Задать произвольную. Программа большим числом итераций расчета придет к тому же результату что и в других способах.



Выделяем фундаментную плиту . Заходим в коэффициенты постели и прописываем нагрузку P_z . (писать через точку и соблюдать размерность).



Задание коэффициентов C1 и C2

Назначить на элементы типа:

- Стержни
- Пластины
- Двухузловые КЭ 53
- Одноузловые КЭ 54

Односторонняя работа упр. основания

Назначить элементам

Коэффициенты постели

Получить по модели грунта

P_z 0,657 МПа

Группа - 0 №

Модель грунта

Назначить

C1z 0.

C2z 0.

Расчет C1, C2

$V_c=B$ V_c 0.

Учет C1y, C2y

C1y 0.

C2y 0.

Hc 0.

Изменить в n раз ($C=C \cdot n$)

Угол зоны грунта

β 0. °

рад

Задание коэффициентов C1 и C2

Назначить на элементы типа:

- Стержни
- Пластины
- Двухузловые КЭ 53
- Одноузловые КЭ 54

Односторонняя работа упр. основания

Назначить элементам

Коэффициенты постели

Получить по модели грунта

P_z 0,657 МПа

Группа - 0 №

Модель грунта

Назначить

C1z 0.

C2z 0.

Расчет C1, C2

$V_c=B$ V_c 0.

Учет C1y, C2y

C1y 0.

C2y 0.

Hc 0.

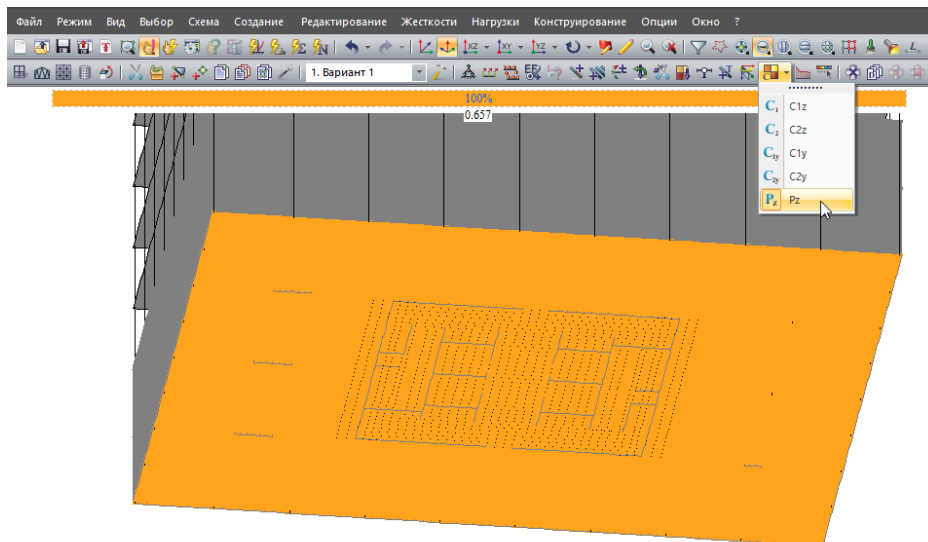
Изменить в n раз ($C=C \cdot n$)

Угол зоны грунта

β 0. °

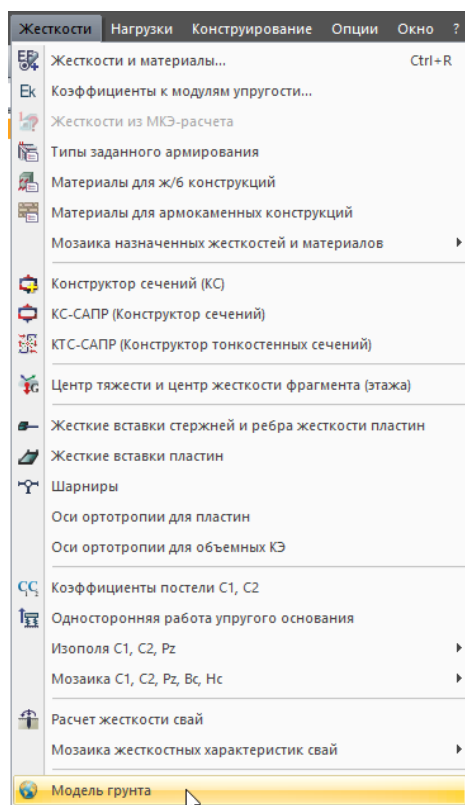
рад

Результат задания нагрузки P_z можно просмотреть через кнопку 

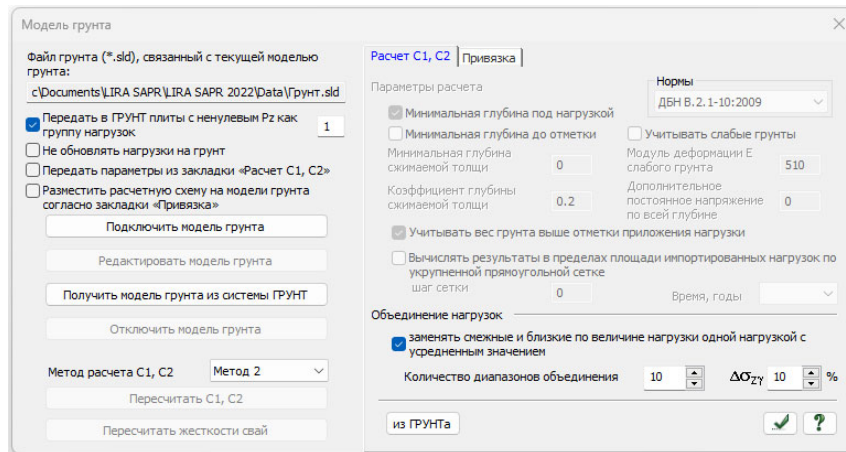


Шаг 6. Работа с моделью грунта. Привязки схемы. Расчетные методы.

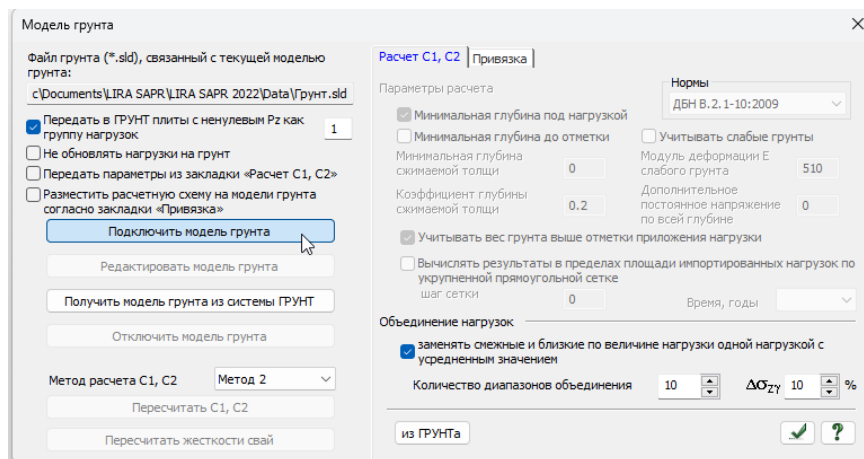
Переходим в модель грунта.



Начальное окно:



Подключаем ранее созданную модель грунта (на шаге 1). Еще раз откроется окно с грунтом, его нужно закрыть.



Ставим галочку «Передать параметры из закладки «Расчет C1, C2».

1) Меняем норматив на СП 22.13330.

2) Рассчитываем минимальную глубину сжимаемой толщи H_{min} .

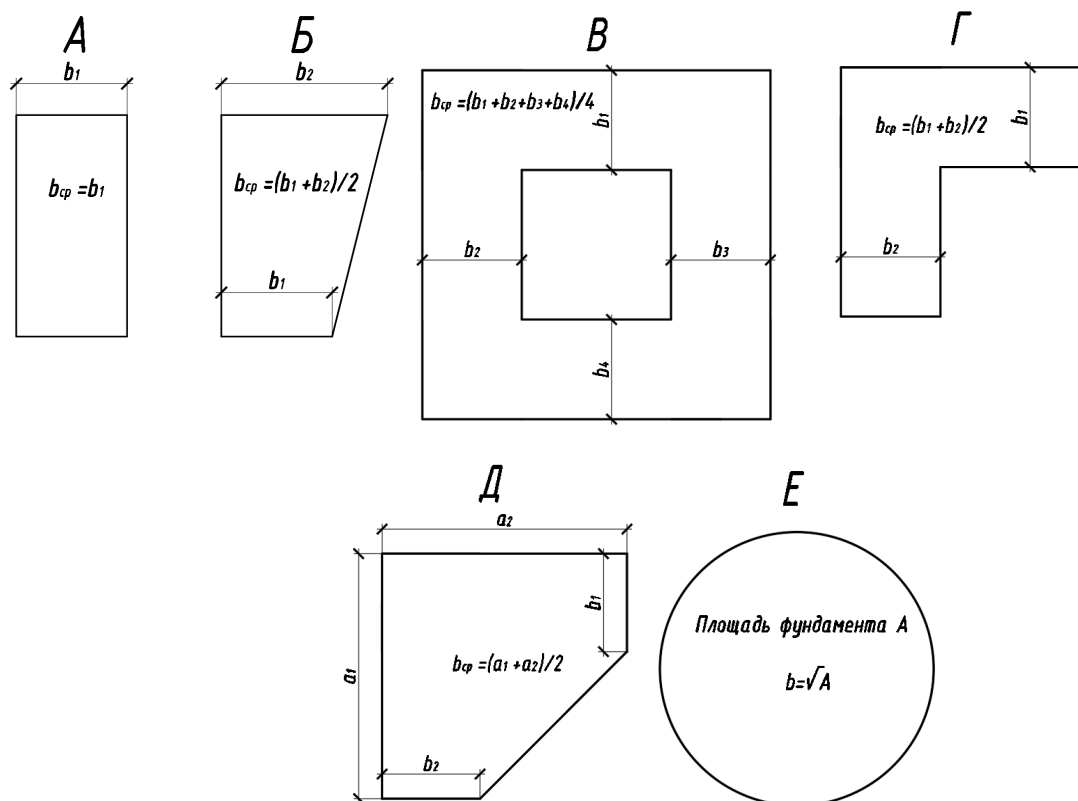
В соответствии с п. 5.6.41 СП 22 глубина сжимаемой толщи должна быть не меньше H_{min} , равной:

$$b/2 \text{ при } b \leq 10\text{м},$$

$$(4 + 0,1b) \text{ при } 10\text{м} < b \leq 60\text{м}$$

$$10\text{м при } b > 60\text{м}.$$

Для фундаментов сложной формы принимается средняя ширина подошвы b_{cp} .



Для рассматриваемого примера $b = 29,6$ м

$$H_{min} = 4 + 0,1b = 4 + 0,1 \times 29,6 = 6,96 \text{ м}$$

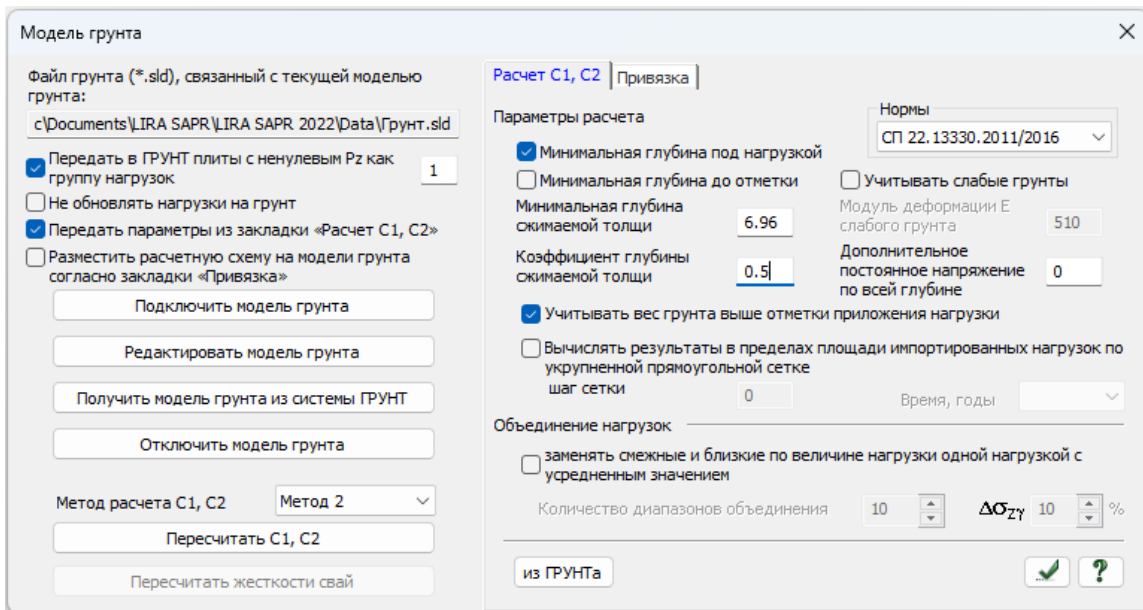
3) Коэффициент глубины сжимаемой толщи.

В соответствии с п. 5.6.41 нижнюю границу сжимаемой толщи основания принимают на глубине $z = H_c$, где выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,5\sigma_{zg}$. Если найденная по указанным выше условиям нижняя граница сжимаемой толщи находится в слое грунта с модулем деформации $E \leq 7 \text{ МПа}$ (слабый грунт) или такой слой залегает непосредственно ниже глубины $z = H_c$, то этот слой включают в сжимаемую толщу, а за H_c принимают минимальное из значений, соответствующих подошве слоя или глубине, где выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,2\sigma_{zg}$.

Для рассматриваемого примера коэффициент равен 0,5.

4) Ставим галочку «Заменять смежные и близкие по величине нагрузки одной нагрузкой». Если галочка стоит, то несколько теряется точность, но сокращается время расчета.


5) Ставим галочку «Учитывать вес грунта выше отметки приложения нагрузки».



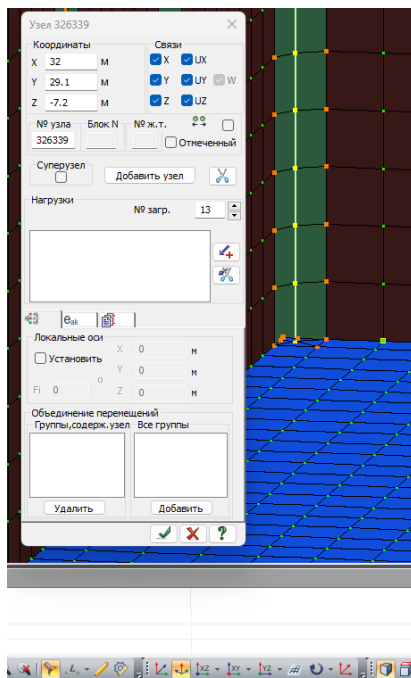
Ставим галочку «Разместить расчетную схему на модели грунта согласно закладки «Привязка»

Отметка 0.000 здания соответствует абсолютной отметке 133.3.

Отметка -9.300 здания соответствует абсолютной отметке 124.0

Узлы фундаментной плиты находятся на отметке -7.2.(можно посмотреть через «Фонарик» ).

Соответственно отметке -7.2 расчетной схемы соответствует отметка 124.0.



Модель грунта

Файл грунта (*.sld), связанный с текущей моделью грунта:

Передать в ГРУНТ плиты с ненулевым Pz как группу нагрузок 1

Не обновлять нагрузки на грунт

Передать параметры из закладки «Расчет C1, C2»

Разместить расчетную схему на модели грунта согласно закладки «Привязка»

Метод расчета C1, C2

Расчет C1, C2 **Привязка**

Расположить окна расчетной схемы и модели грунта рядом:

Точки на расчетной схеме, м	Точки на модели грунта, м
Привязка в плане	
<input type="checkbox"/> указать	<input type="checkbox"/> указать
Точка 1	0
	0
Точка 2	1
	0
<input checked="" type="radio"/> Азимут, °	-0
Привязка по высоте	
	-7.2
	124

Укажите две точки на схеме и соответствующие им две точки на модели грунта или одну точку на схеме, соответствующую ей точку на модели грунта и угол поворота схемы относительно модели грунта – азимут

Метод №1 не используется, поскольку дает завышенные значения осадок и не позволяет учесть нарастание модуля деформации по глубине. Рассчитывается только коэффициент постели C_1 .

Метод №2. Метод Фусса-Винклера. Наиболее часто используемый метод (также будет использован в справочнике). В отличие от первого метода позволяет учесть нарастание модуля деформации по глубине. Рассчитывается только коэффициент постели C_1 .

Метод №3 используется и позволяет дополнительно вычислить коэффициент постели C_2 , отвечающий за «сглаживание» резкого изменения значений приложенных нагрузок (чего нет в методе 2).

Для проверки правильности задания свойств нажимаем на «редактировать модель грунта».

Модель грунта

Файл грунта (*.sld), связанный с текущей моделью грунта:

Передать в ГРУНТ плиты с ненулевым Pz как группу нагрузок 1

Не обновлять нагрузки на грунт

Передать параметры из закладки «Расчет C1, C2»

Разместить расчетную схему на модели грунта согласно закладки «Привязка»

Метод расчета C1, C2

Расчет C1, C2 **Привязка**

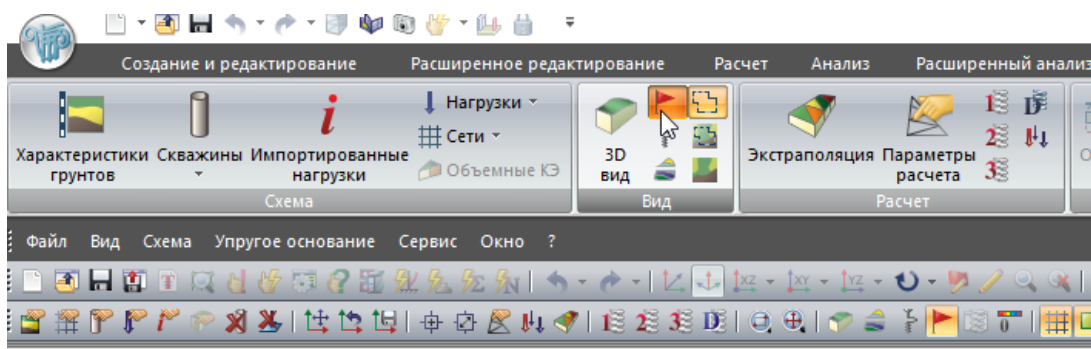
Расположить окна расчетной схемы и модели грунта рядом:


Точки на расчетной схеме, м	Точки на модели грунта, м
Привязка в плане	
<input type="checkbox"/> указать	<input type="checkbox"/> указать
Точка 1	0
	0
Точка 2	1
	0
<input checked="" type="radio"/> Азимут, °	-0
Привязка по высоте	
	-7.2
	124

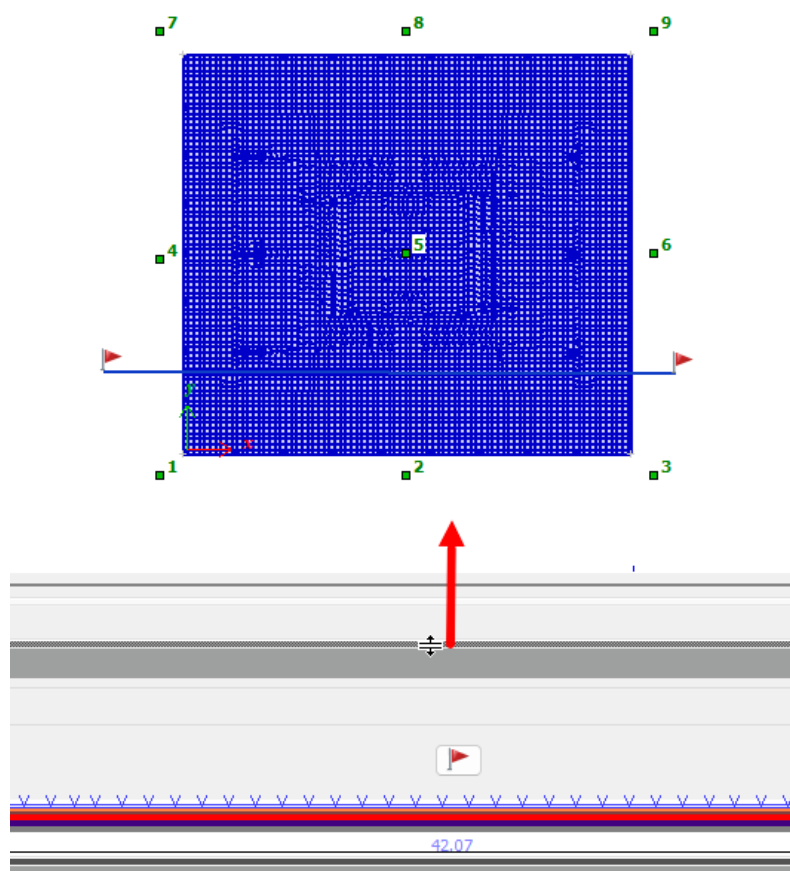
Укажите две точки на схеме и соответствующие им две точки на модели грунта или одну точку на схеме, соответствующую ей точку на модели грунта и угол поворота схемы относительно модели грунта – азимут


Шаг 7. Построение разрезов по грунту

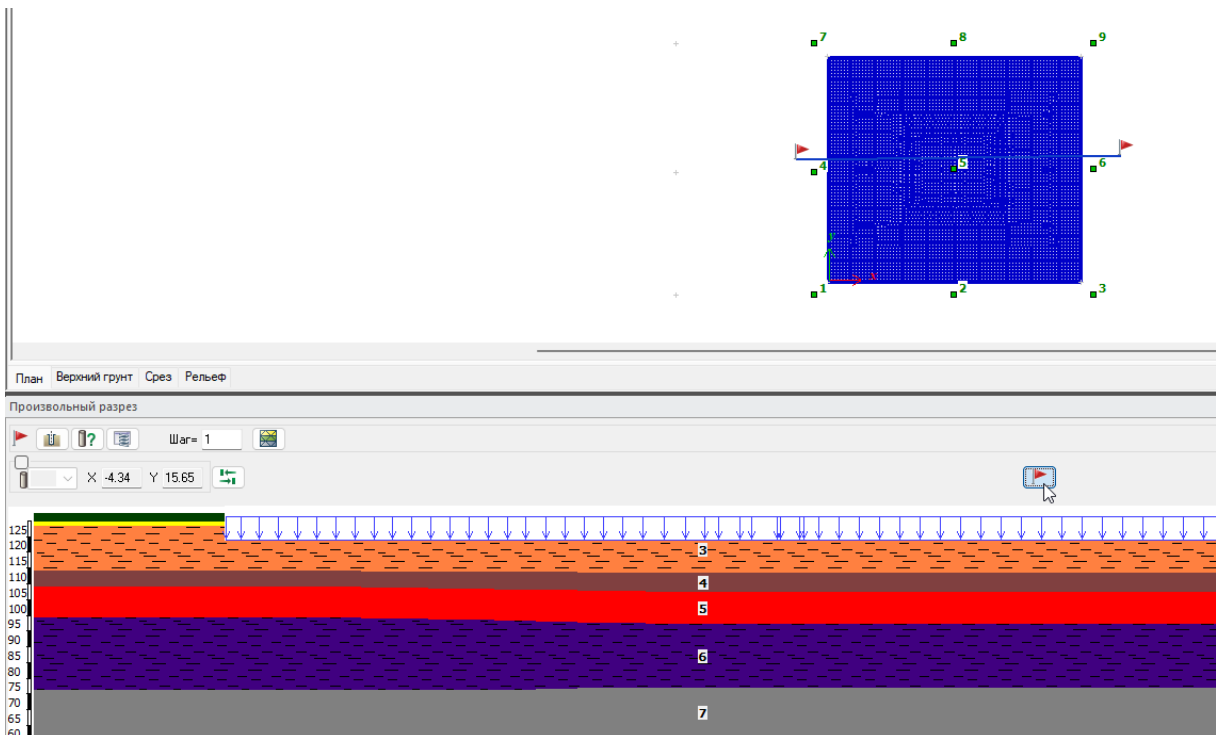
Нажимаем на флаг «Произвольный разрез».



Вытягиваем вверх окно с разрезом .

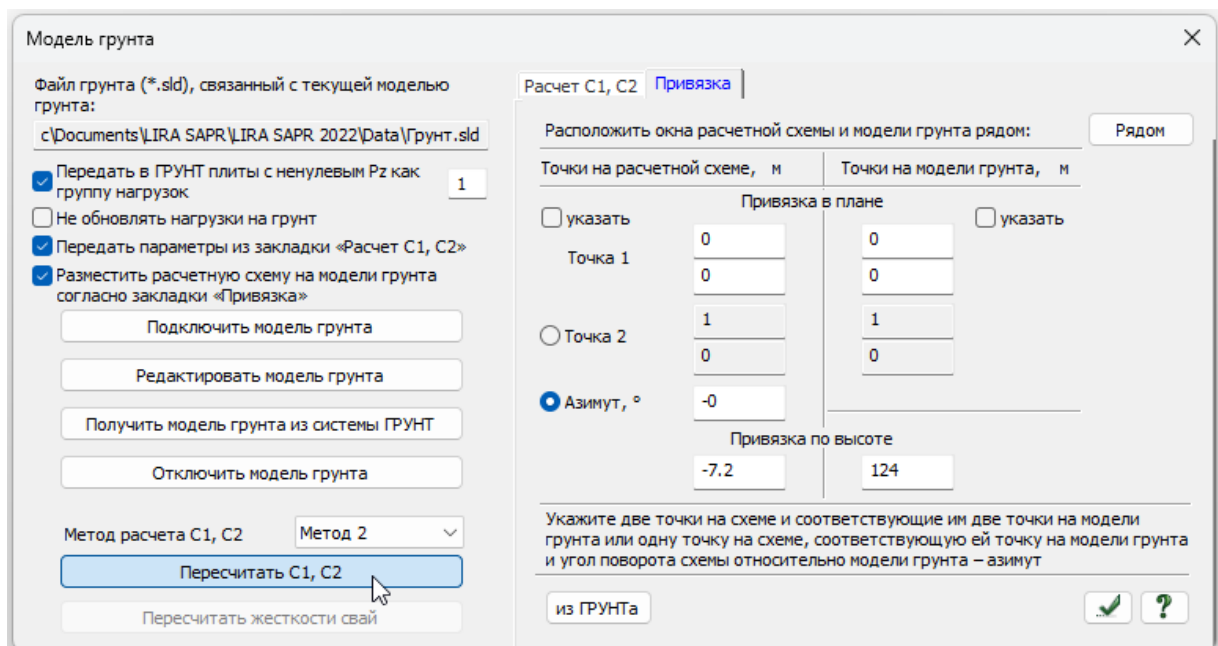


Проверяем высотные отметки (слева снизу) приложения нагрузок и строим нужные разрезы путем нажатия на клавишу  и нажатия первой и второй точек на плане. После проверки закрываем с сохранением.

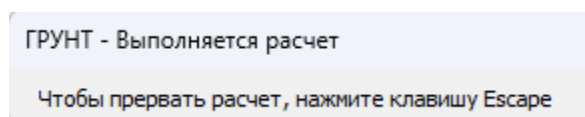



Шаг 8. Расчет и просмотр первичных коэффициентов постели.

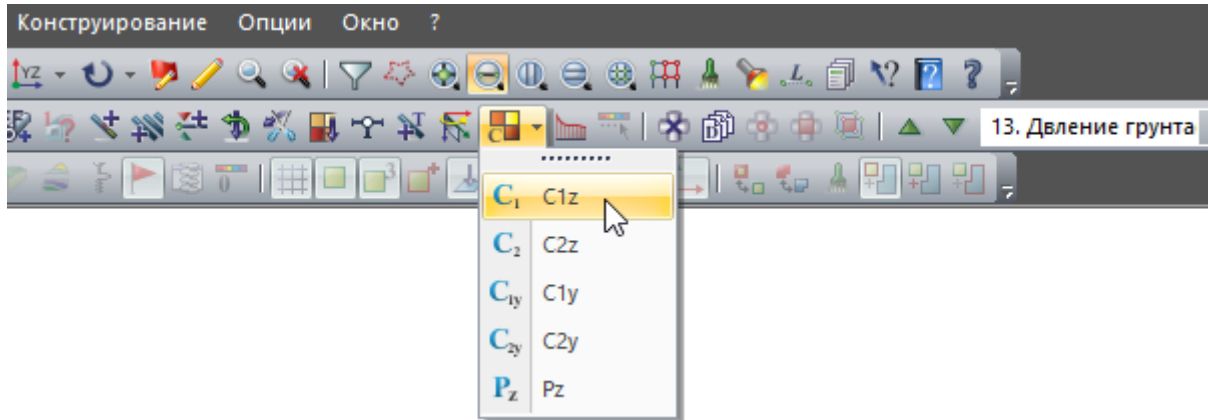
Нажимаем на расчет коэффициентов постели.



Расчет выполняется...




Просмотр коэффициента постели осуществляется через кнопку .

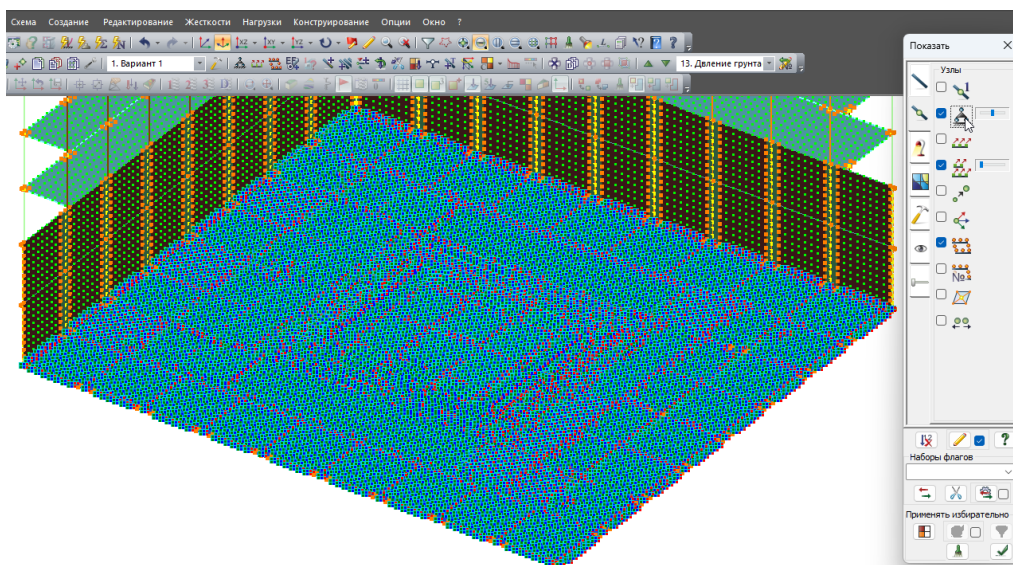



Распределение коэффициентов постели на 1й итерации

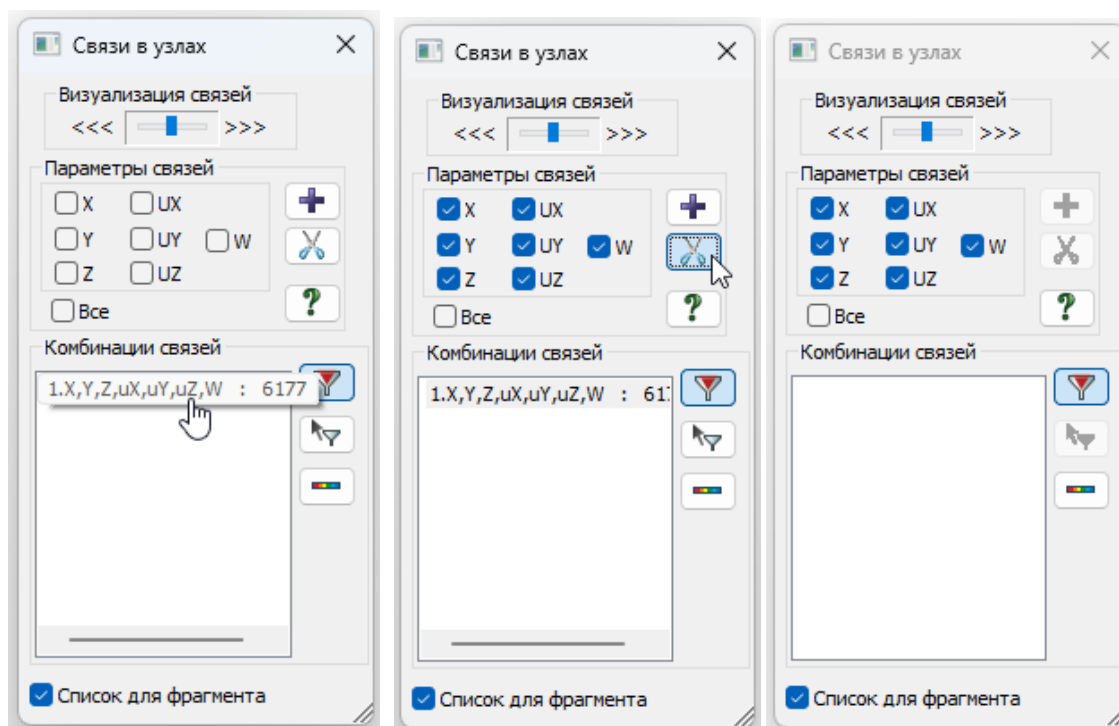


Шаг 9. Открепление основания от существующих связей

На первых этапах для проверки пригодности расчетной схемы были использованы связи-закрепления  по фундаментной плите. Проверить их видимость можно во флагах рисования.



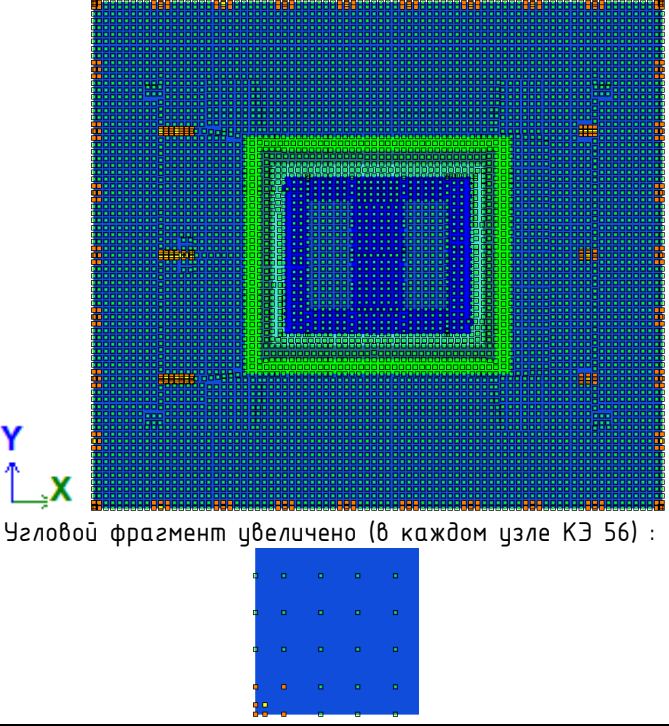
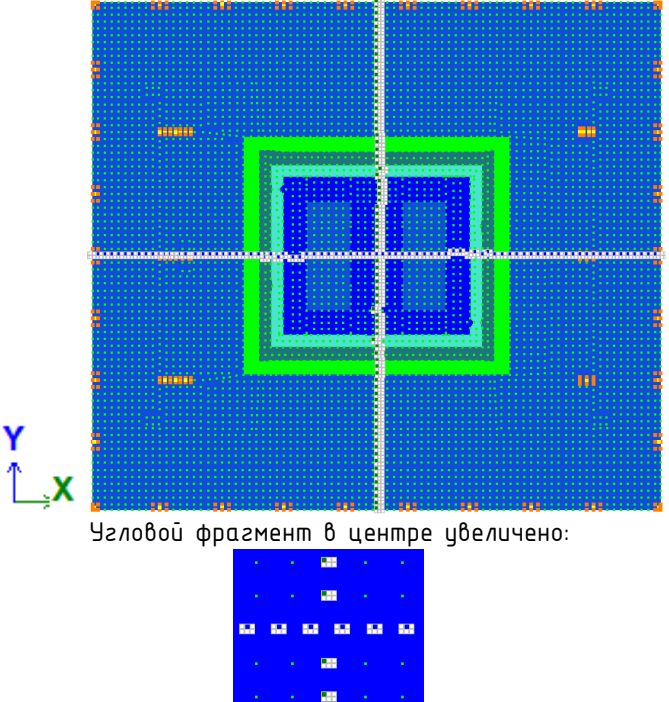
Нажимаем на кнопку связи . Нажимаем на установленные связи и нажимаем на **удаление**. Связи должны пропасть из таблицы и со схемы.



Шаг 10. Закрепление подошвы фундамента (учет трения).

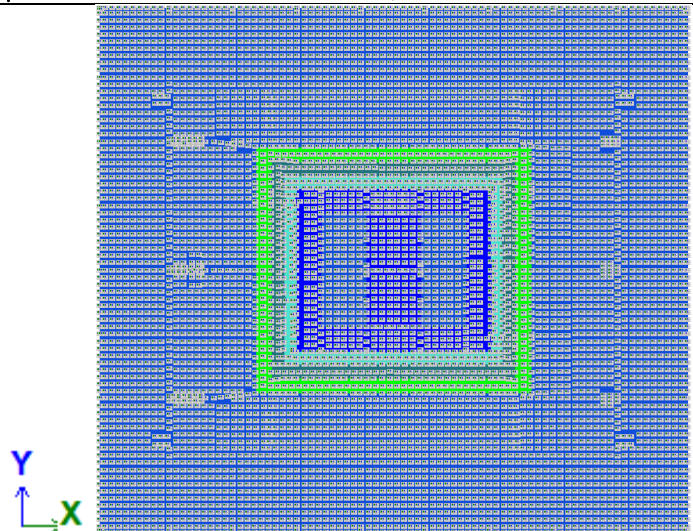
Фундаментную плиту нужно закрепить от горизонтальных смещений. Коэффициенты постели, которые вычисляет программа отвечают только за вертикальную составляющую перемещений. Если не задать связи, то здание «уедет» вбок.

Справочная таблица 16. Методы закрепления фундаментов (при отсутствии свай)

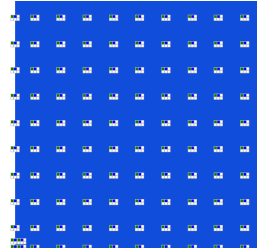
Методика	Иллюстрация
Вариант №1. Использование КЭ №56.	
<p>Наиболее точная методика. Рекомендуется использовать именно ее.</p> <p>Данная методика основана на п.6.1.3. СП 26.1330.</p> <p>$C_x = C_y = 0,7C_1$.</p> <p>В программу вводятся КЭ №56. Жесткость КЭ вычисляется по формуле:</p> $R_x = R_y = \frac{0,7C_1 A_{\text{фунд}}}{n}$ <p>n – количество узлов фундаментной плиты;</p> <p>C_1 – осредненный коэффициент постели под фундаментной плитой;</p> <p>$A_{\text{фунд}}$ – площадь фундамента.</p>	 <p>Узловой фрагмент увеличено (в каждом узле КЭ 56) :</p>
Вариант №2. Использование закрепление «крестом»	
<p>Инженерная стандартная методика. Используется только на простых, стандартных зданиях.</p> <p>Фундаментная плита закрепляется вдоль глобальных осей по центру.</p> <p>Вдоль глобальной оси Y устанавливаются связи по X.</p> <p>Вдоль глобальной оси X устанавливаются связи по Y.</p>	 <p>Узловой фрагмент в центре увеличено:</p>

Вариант №3. Закрепление по всей площади по X,Y.

Фундаментная плита закрепляется связями по всей площади.
Данный вариант имеет большой недостаток: все нормальные усилия/напряжения (растяжение и сжатие) полностью снимаются с фундаментной плиты установленными связями, остаются только моменты. Отсутствие учета растягивающих усилий приводит к занижению требуемого армирования в фундаментной плите.

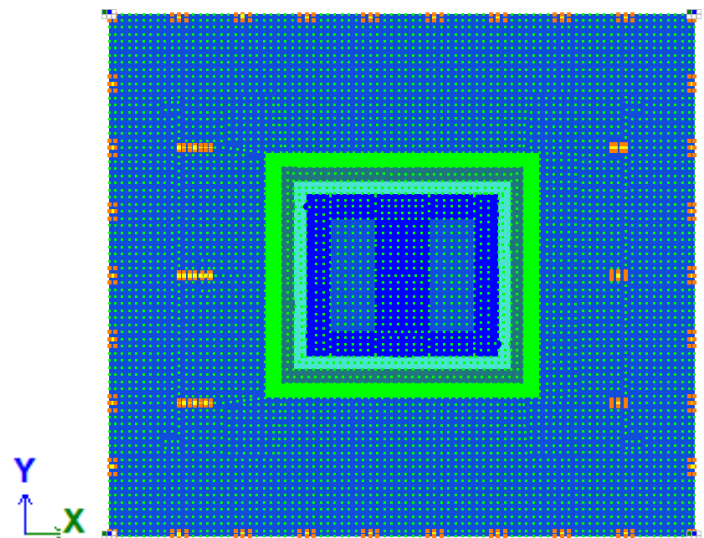


Угловой фрагмент увеличено (связи X,Y в каждом узле):

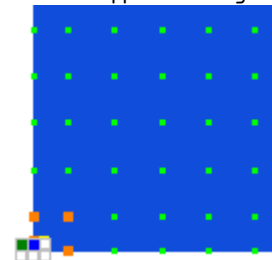


Вариант №4. Закрепление угловых зон.

Фундаментная плита закрепляется связями в углах.
Данный вариант имеет большой недостаток: концентрацию усилий в местах связей. В местах связей требуемое армирование будет существенно завышено.




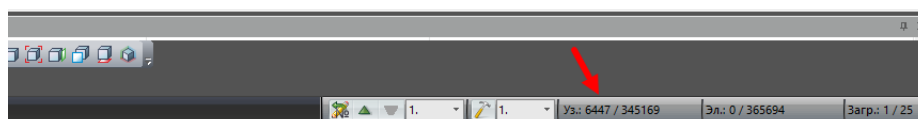
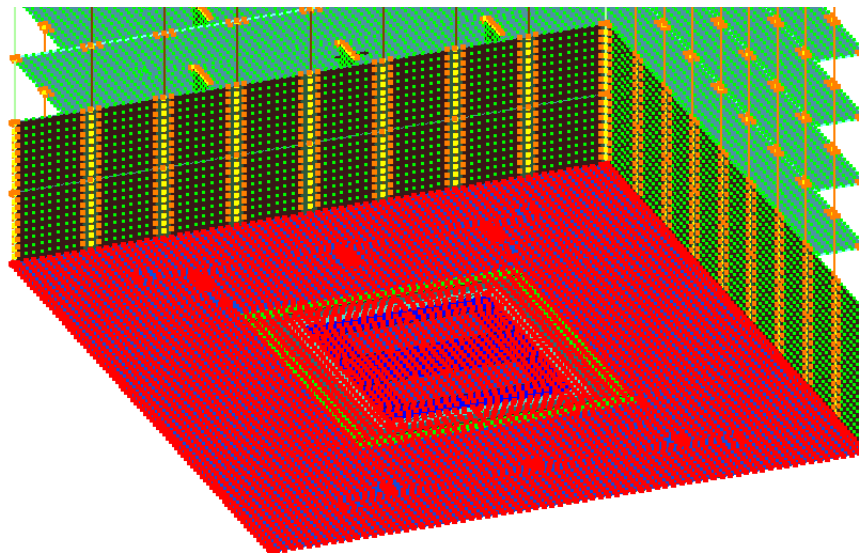
Угловой фрагмент увеличено (связи X,Y в углу):



Используем вариант №1. Рассчитаем примерную жесткость КЭ №56.

Осредненная жесткость основания $C_1 = 2,5 \text{ МН/м}^3$.

Для определения количества узлов фундаментной плиты n необходимо выделить в расчетной схеме узлы  фундаментной плиты. Внизу экрана справа стоит счетчик выделенных узлов.




$$n = 6447$$

$$A_{\text{фунд}} = 33,2 \times 29,6 = 982,72 \text{ м}^2$$

$$R_x = R_y = \frac{0,7 C_1 A_{\text{фунд}}}{n} = \frac{0,7 \times 2,5 \times 982,72}{6447} = 0,267 \text{ МН/м}$$

Добавляем КЭ №56

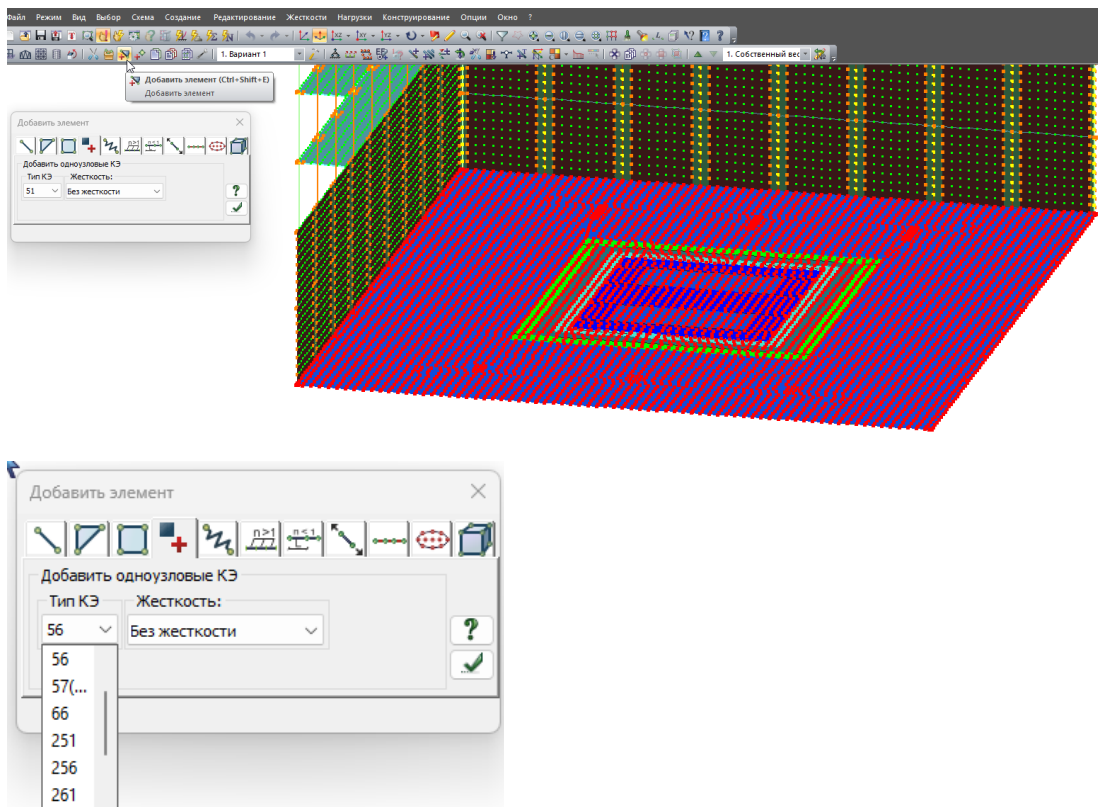
1. Нажимаем добавить элемент .

2. В всплывшем окне выбираем вкладку .

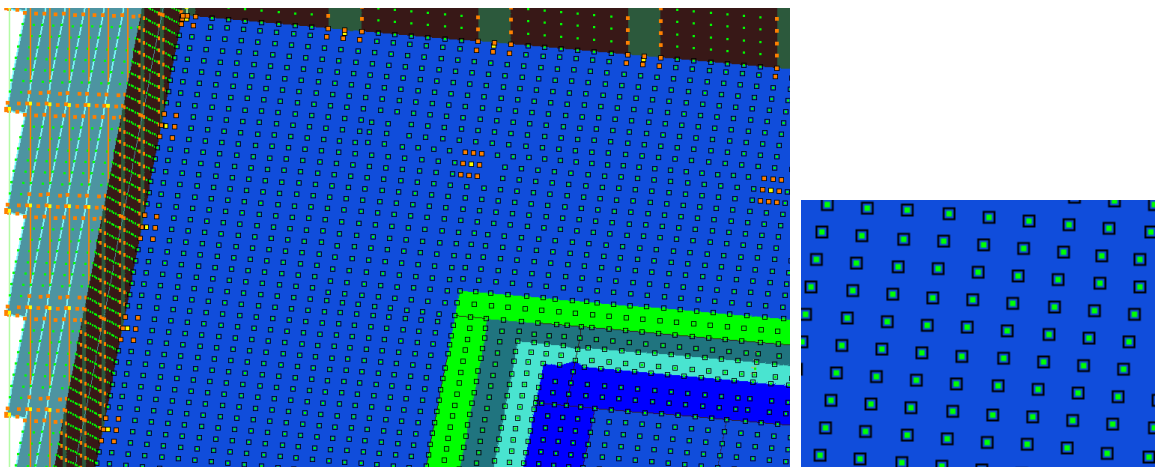
3. Во вкладке выбираем КЭ 56.

4. Нажимаем .


ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.



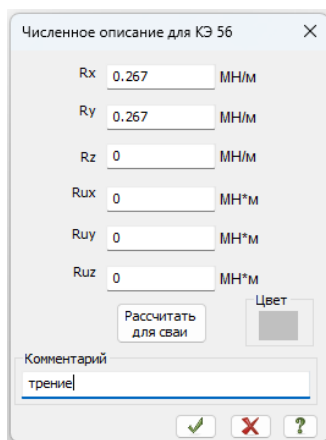
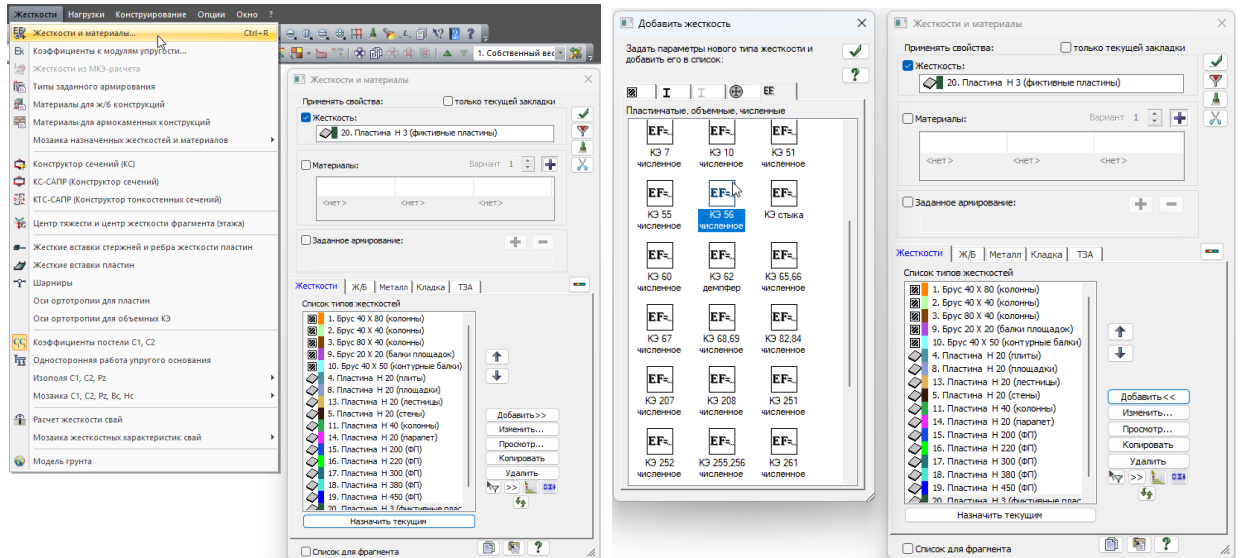
Результатом является появление в каждом узле фундаментной плиты одноузлового КЭ.



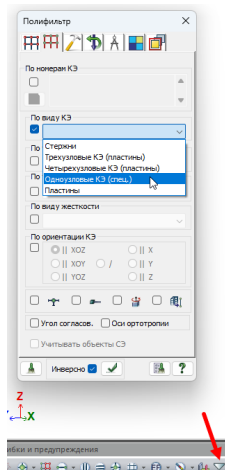
Жесткость КЭ №56. Создание и назначение


1. Заходим в жесткости и элементы .
2. Добавляем жесткость КЭ 56.
3. Вводим $R_x = R_y = 0,267 \text{ МН/м}$


ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.



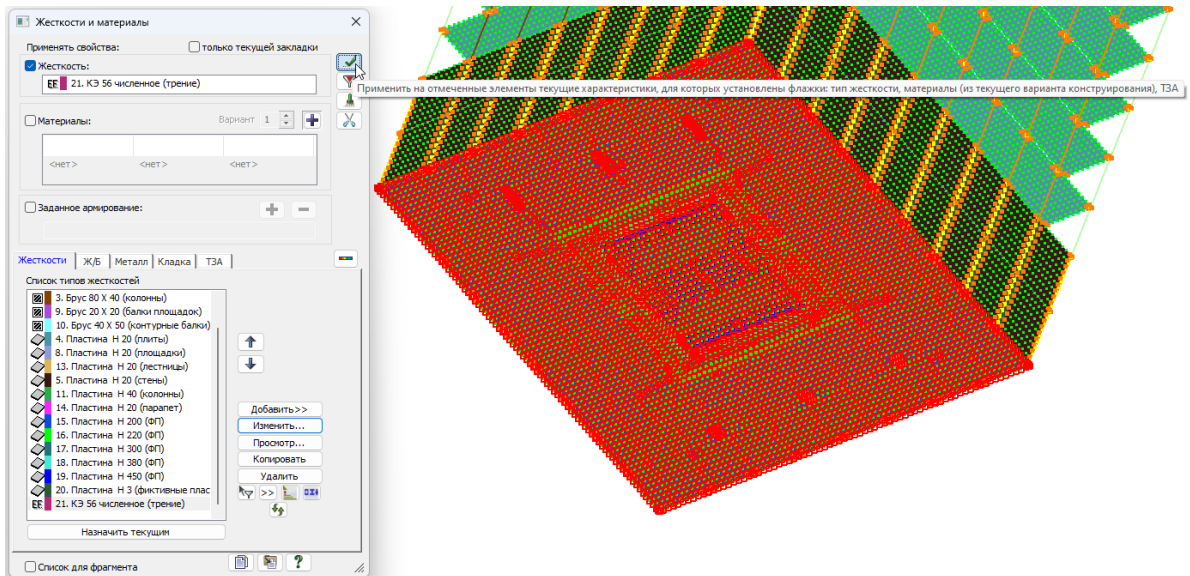
4. Заходим в «Полифильтр»  и выбираем одноузловые КЭ.



5. При открытой вкладке «Полифильтр» выбираем  КЭ 56.

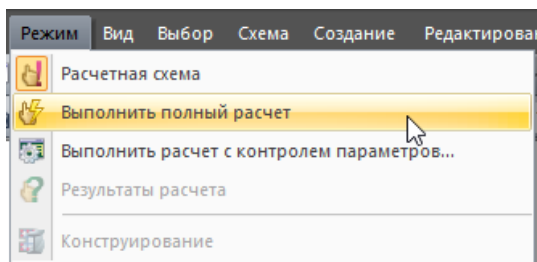
6. На выделенные КЭ 56 назначаем жесткость .



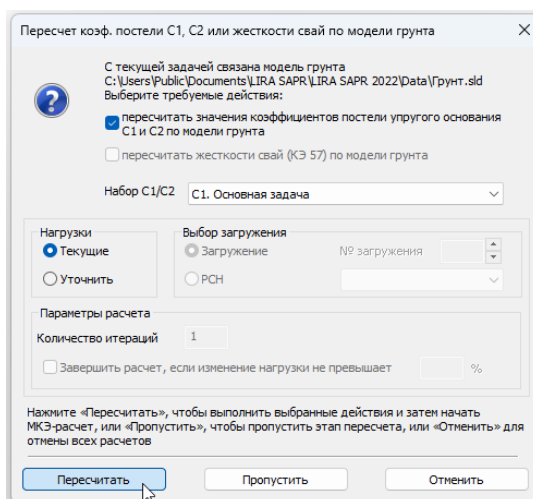



Шаг 11. Расчет на 2 итерации

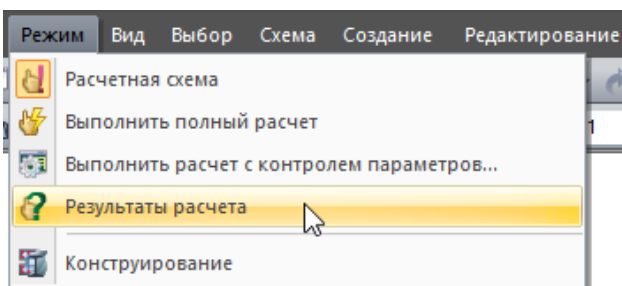
Выполняем полный расчет:



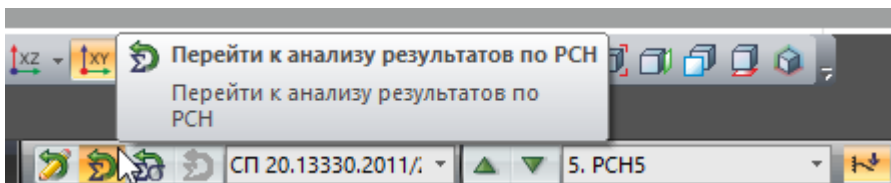
В появившемся окне нажимаем «Пересчитать» коэффициенты постели. Произойдет перерасчет и дальнейший автоматический запуск на расчет.



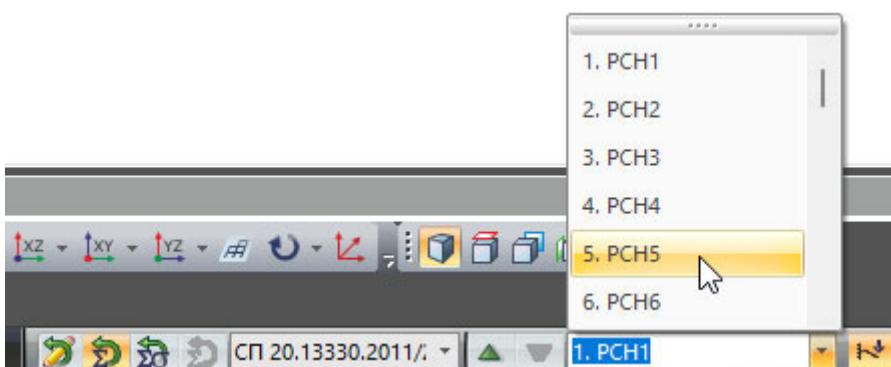
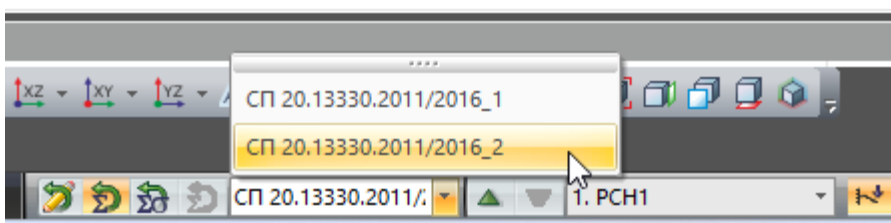
После выполнения расчета для просмотра результатов необходимо перейти в «результаты расчета» .



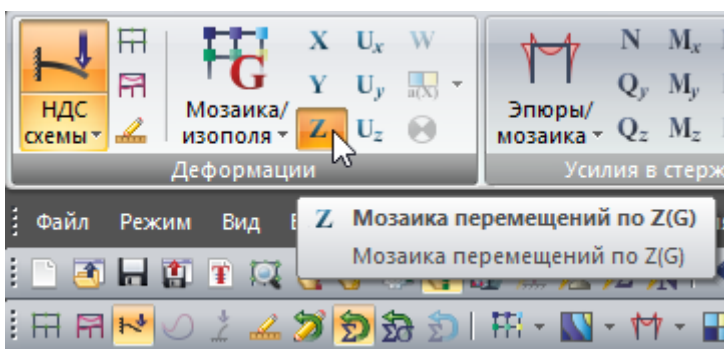
В результатах расчета переходим к анализу результатов по РСН.



Переходим в результаты Таблицы РСН №2. Выбираем РСН №5

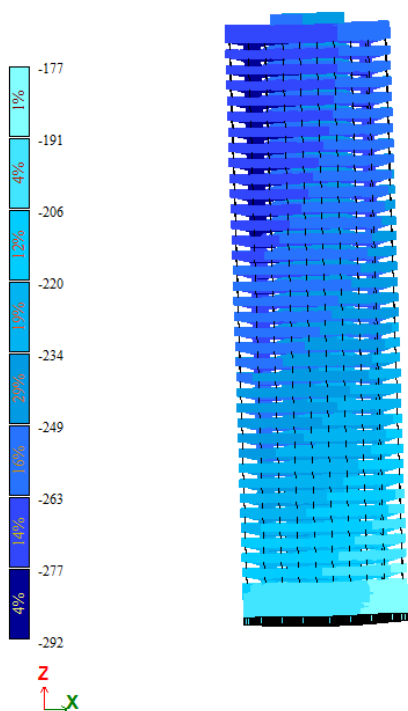


Выбираем мозаику перемещений по Z.



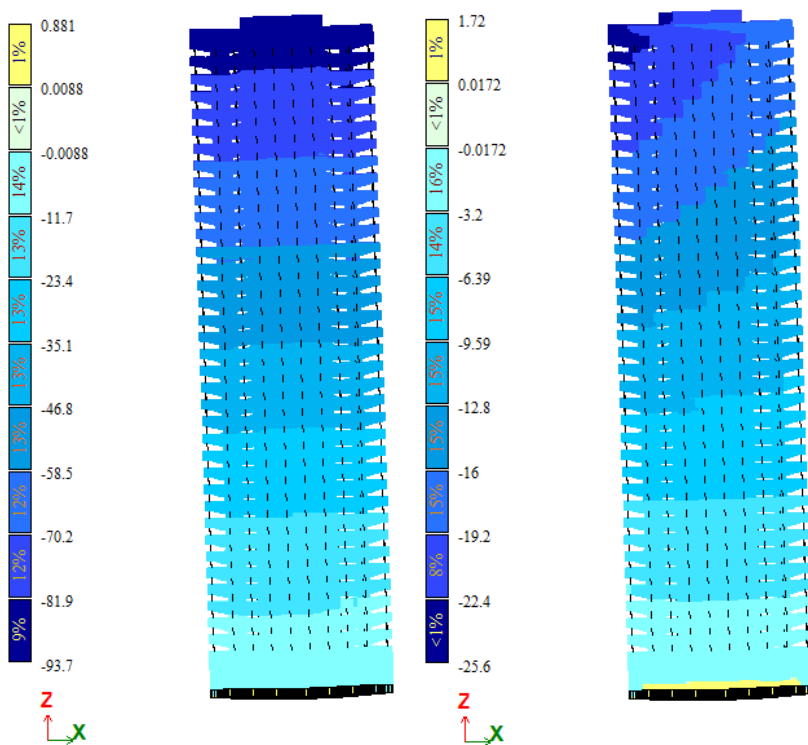
Проверяем вертикальные перемещения по Z. Не должно быть «километровых».


В примере получились перемещения от 177 до 292мм.

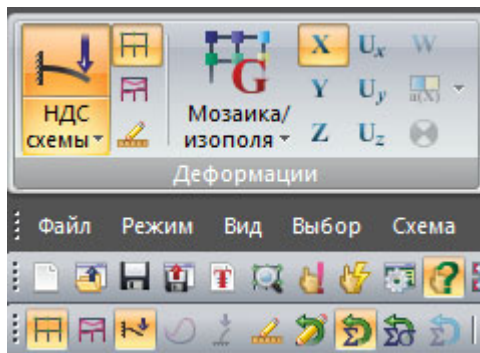





Также проверяем перемещения по X и по Y. Не должно быть «километровых».

Перемещения по X (93,7мм максимальное) и по Y (25,6 максимальное).

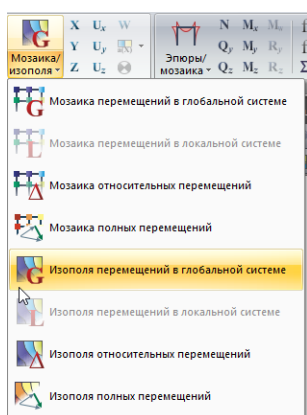


Убираем показ деформированной схемы с помощью кнопки .

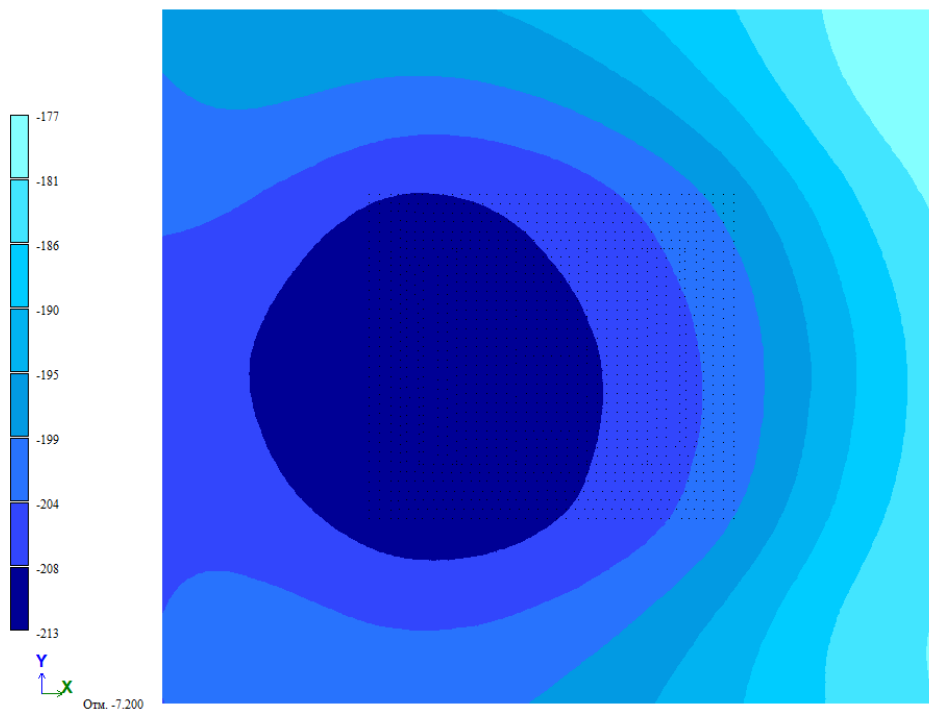


Выделяем фундаментную плиту , фрагментируем  и переходим в плоскость .

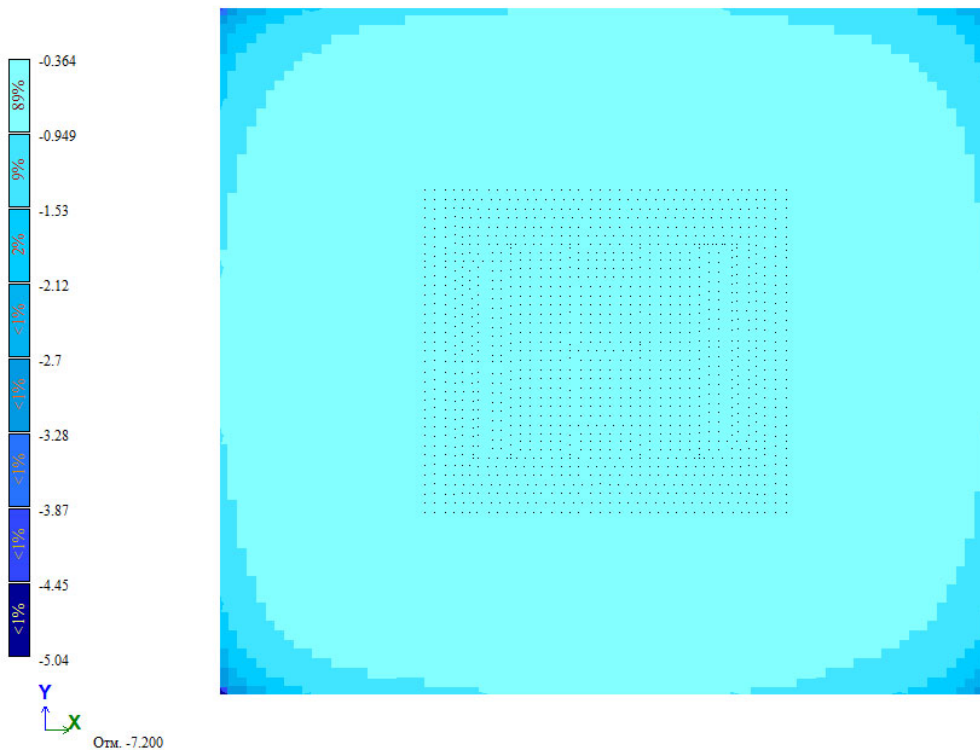
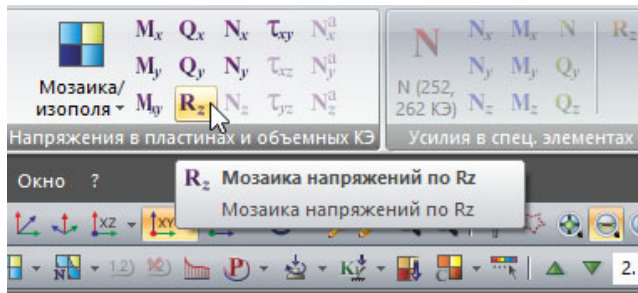
Переходим в изополя перемещений в глобальной системе (для удобства просмотра).





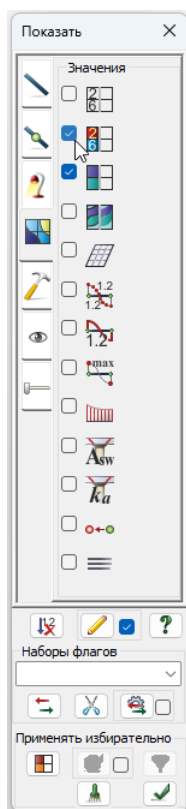
Смотрим изополя перемещений фундаментной плиты по Z (осадки).



Смотрим давление по мозаике напряжений по R_z . (отпор грунта).

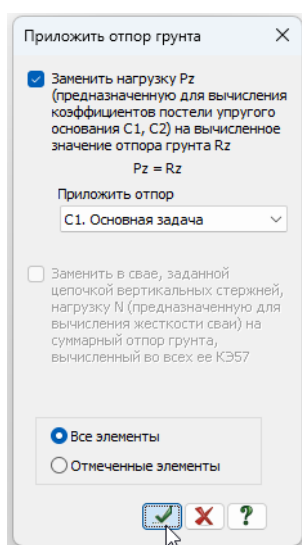
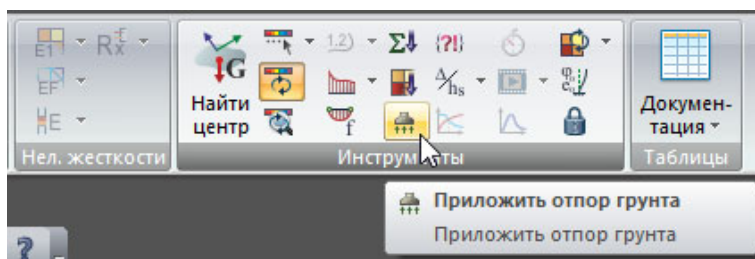


Для просмотра числовых значений во «Флагах рисования»  рисования нужно нажать показ числовых значений .

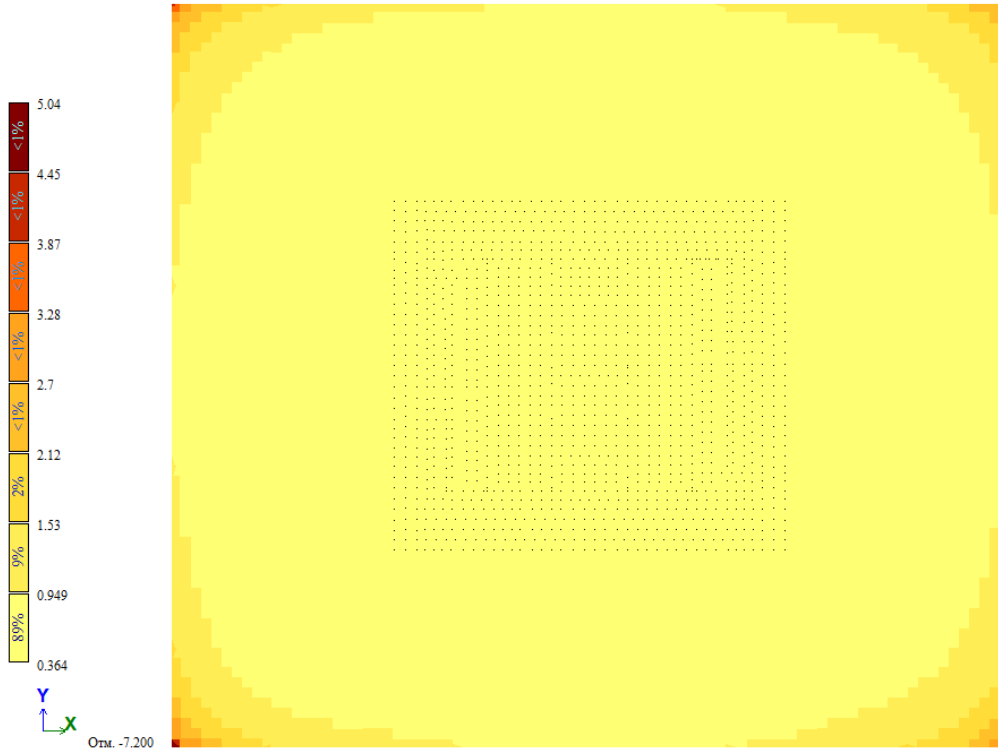


Для дальнейшей итерации необходимо заменить P_z (0,657 МПа равномерное по всей площади) на значение R_z (от 0,364 до 5,04МПа).

Для этого нажимаем приложить отпор грунта, находясь в РСН 2.5.

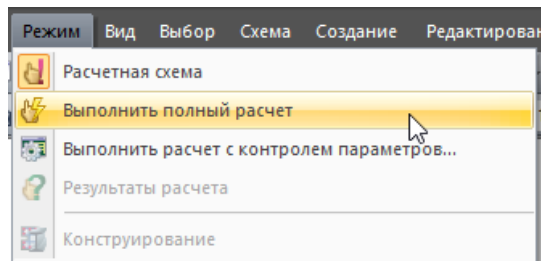


Теперь P_z стал равен R_z .



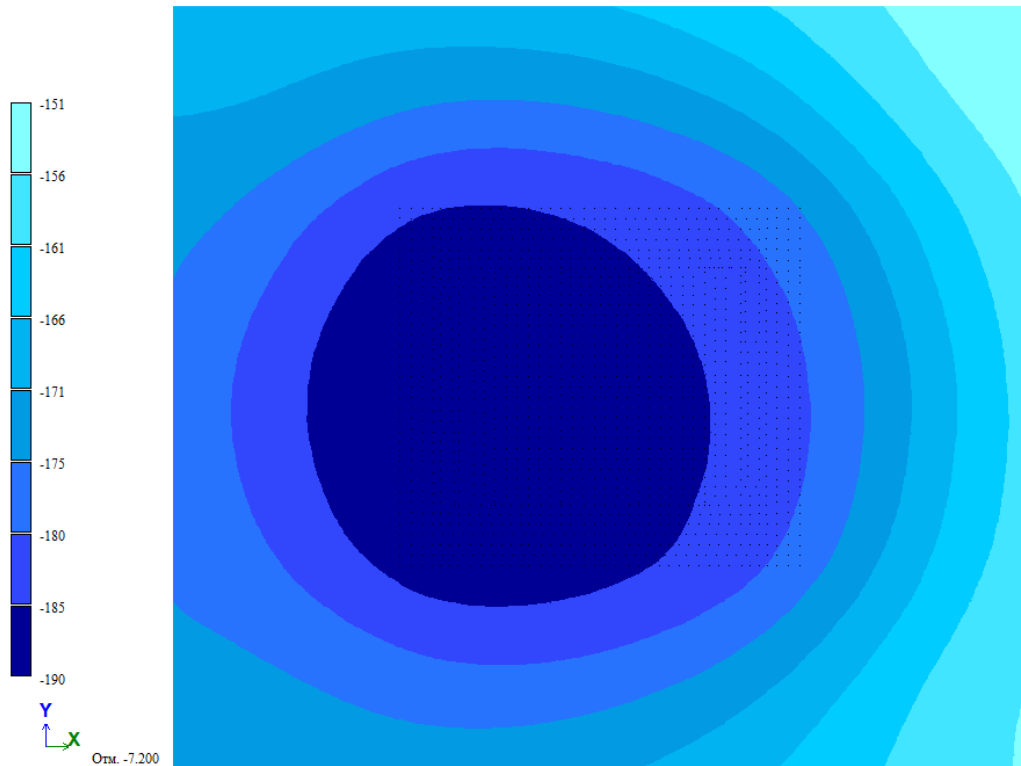
Шаг 12. Расчет на 3 итерации

Выполняем полный расчет заново с перерасчетом коэффициентов постели.

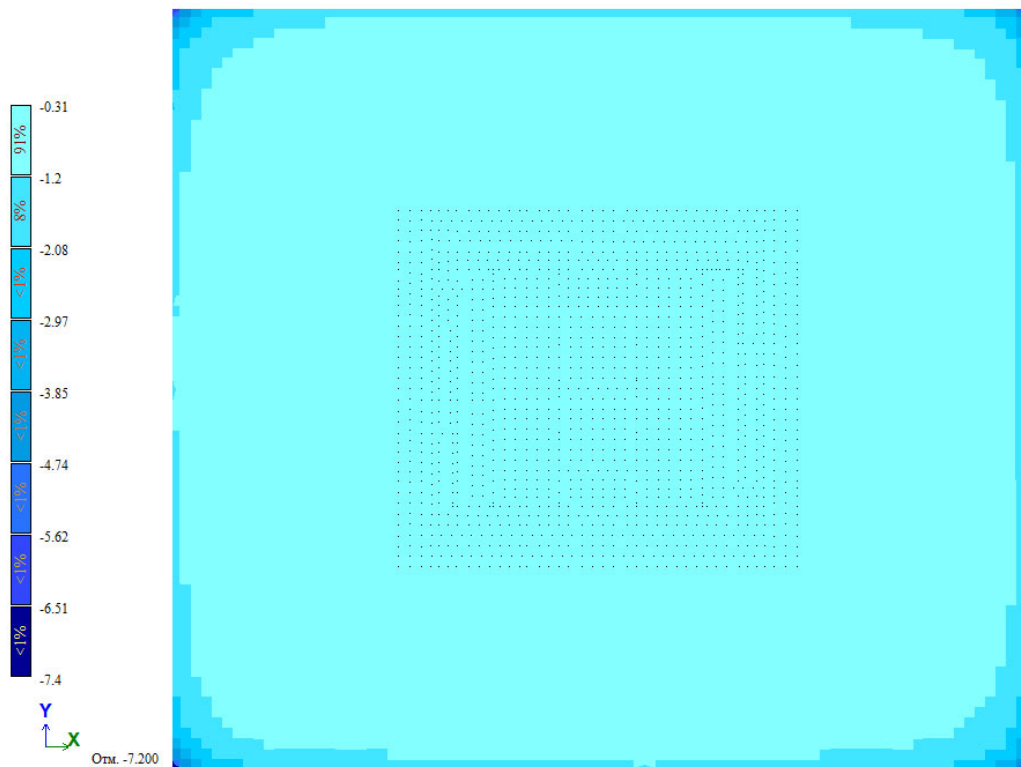


Результат расчета по таблице РСН 2.5

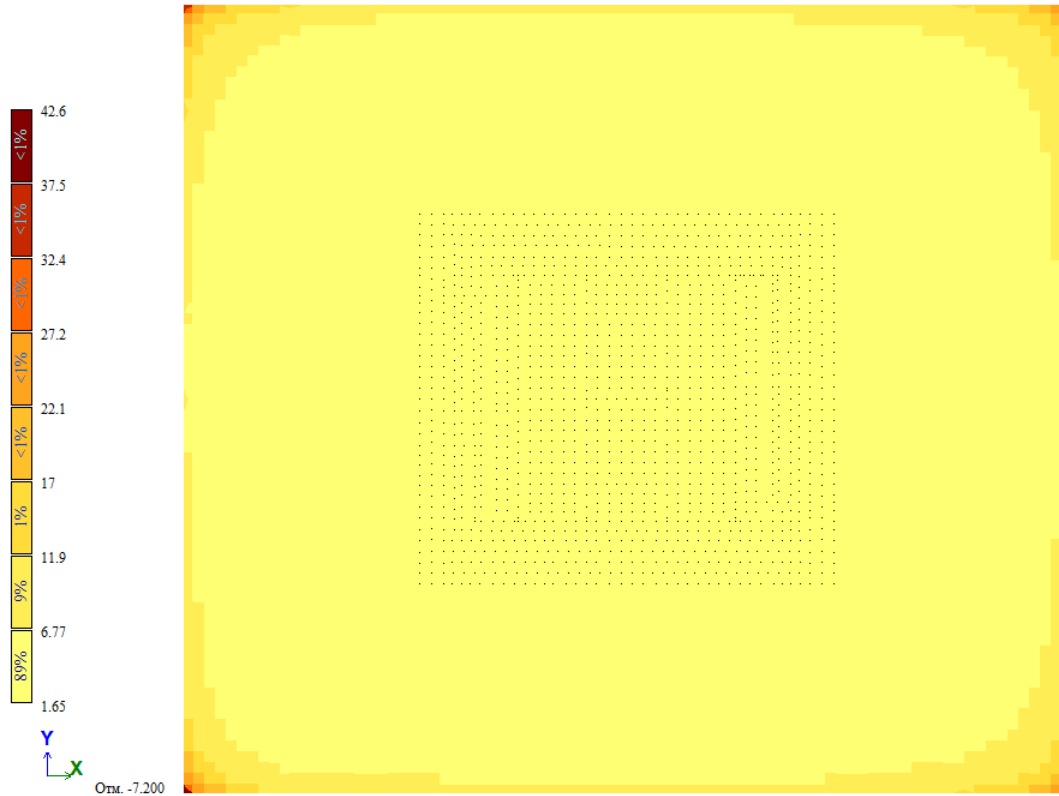
Осадки на третьей итерации:



Отпор грунта R_z на третьей итерации:



Коэффициенты постели на третьей итерации:



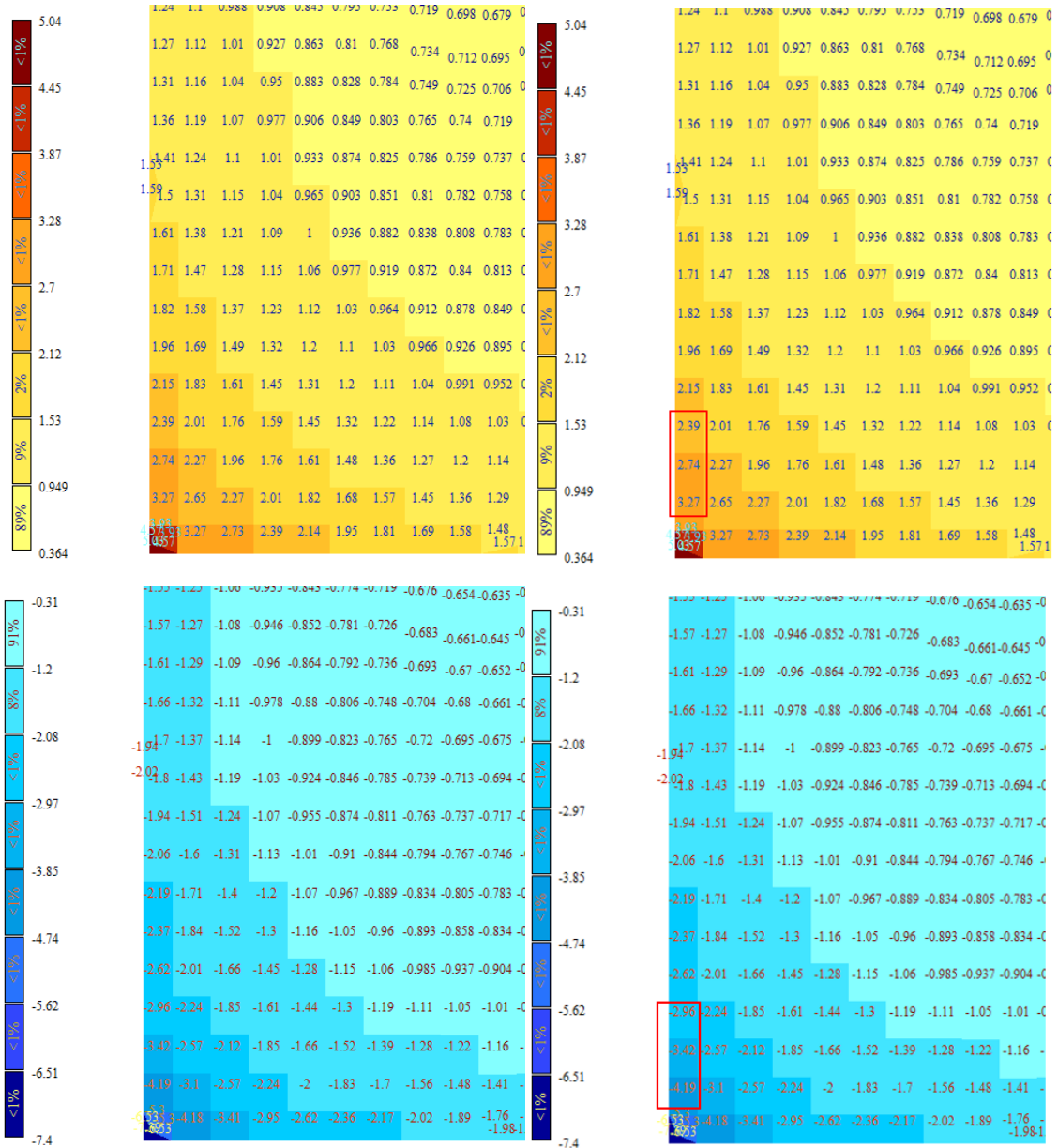
Шаг 13. Проверка критерия сходимости

Итерации по расчету коэффициентов постели ведутся до тех пор, пока не будет получена сходимость P_z прошлой итерации с R_z новой итерации. В зависимости от типа грунта требуется обычно 3-5 итераций.

Должно выполняться условие:

$$\left| \frac{P_z - R_z}{R_z} \right| 100\% < 5 \dots 10\%.$$

Пример проверки критерия сходимости:



Среднее значение P_z (желтым) на участке из трех элементов:

$$P_z = \frac{3,27 + 2,74 + 2,39}{3} = 2,8$$

Среднее значение R_z (синим) на участке из трех элементов:

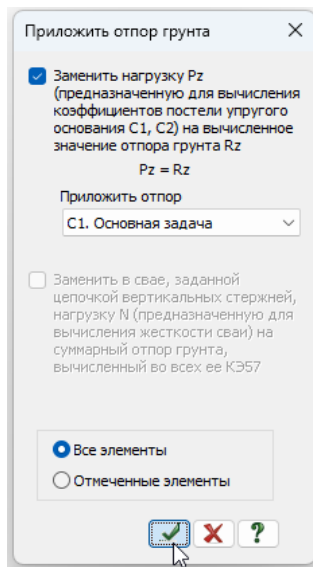
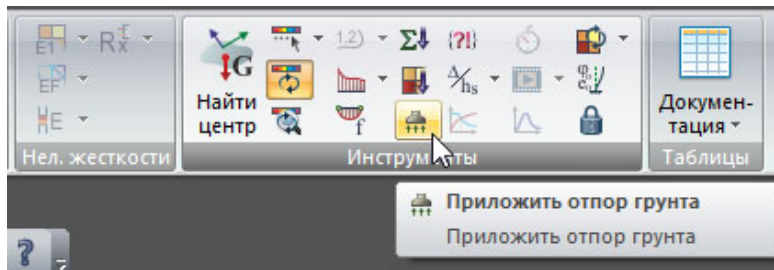
$$R_z = \frac{4,19 + 3,42 + 2,96}{3} = 3,52$$

$$\left| \frac{P_z - R_z}{R_z} \right| 100\% = \left| \frac{2,8 - 3,52}{3,52} \right| 100\% = 20\%$$

20% > 10%. Необходимо провести дополнительные итерации по определению коэффициента постели.

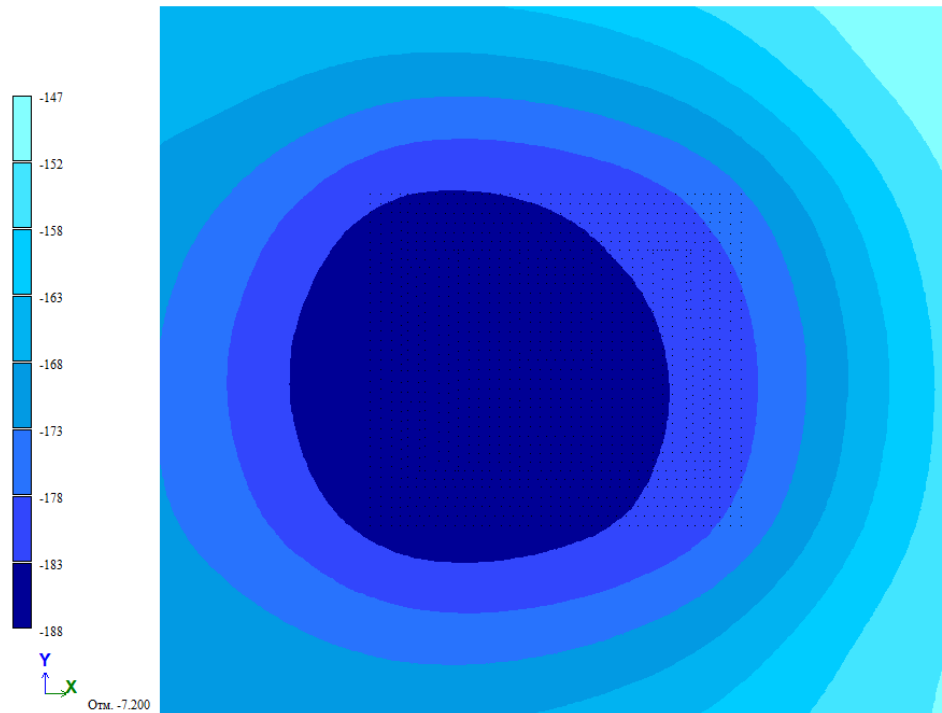


Для дальнейшей итерации необходимо заменить P_z на значение R_z . Для этого нажимаем приложить отпор грунта, находясь в РСН 2.5.

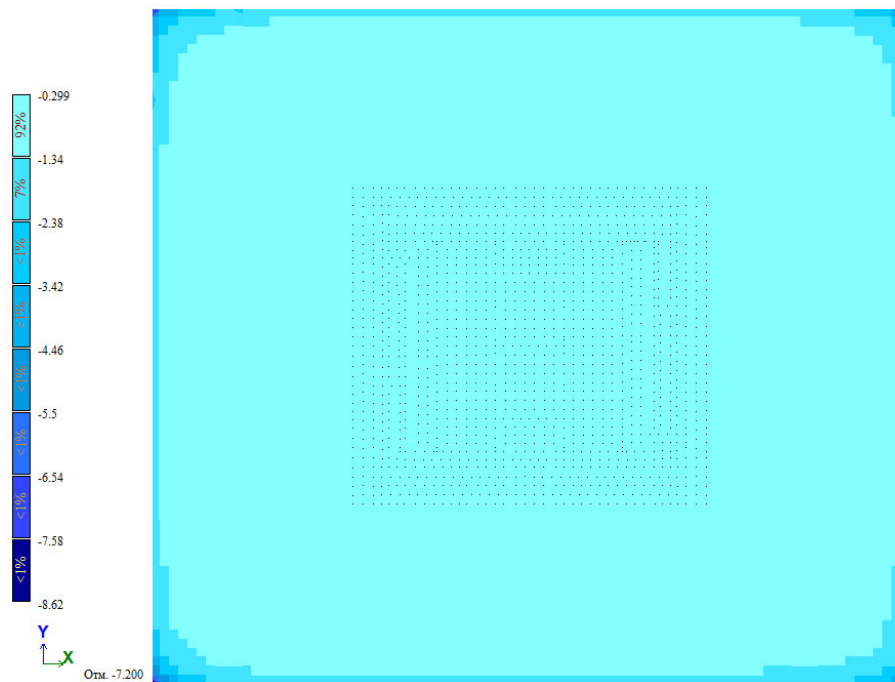


Шаг 14. Итерация №4 и повторная проверка сходимости

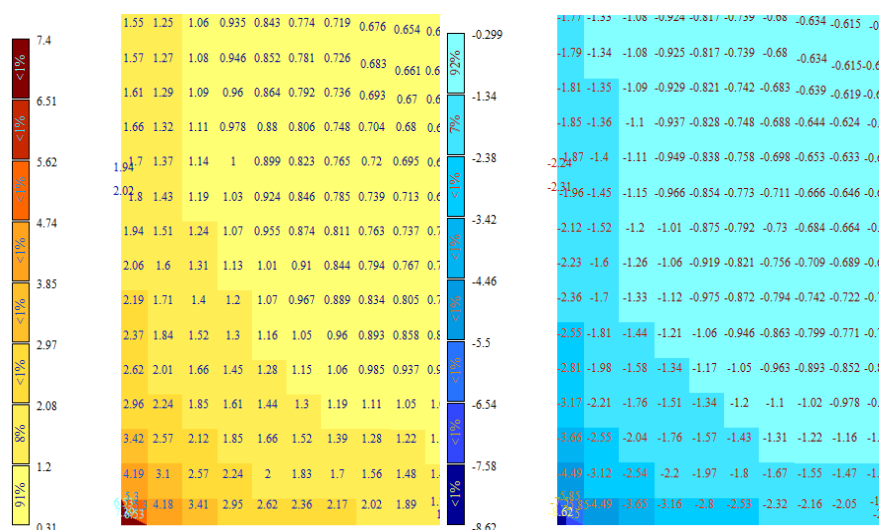
Осадки на четвертой итерации:



Отпор грунта R_z на четвертой итерации:



P_z прошлой итерации(желтым) и R_z новой итерации(синим).



Среднее значение P_z на участке из трех элементов:

$$P_z = \frac{4,19 + 3,42 + 2,96}{3} = 3,52$$

Среднее значение R_z на участке из трех элементов:

$$R_z = \frac{4,49 + 3,66 + 3,17}{3} = 3,77$$


$$\left| \frac{P_z - R_z}{R_z} \right| 100\% = \left| \frac{3,52 - 3,77}{3,77} \right| 100\% = 6,6\%$$

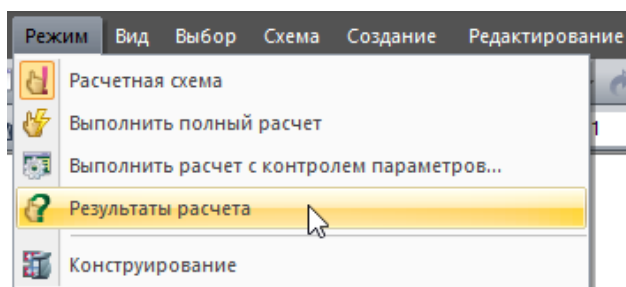
Проверка критерия сходимости показывает сходимость в пределах 10%. Итерации можно завершить.

2.3. Финальные проверки. Результаты проверки. Выводы.

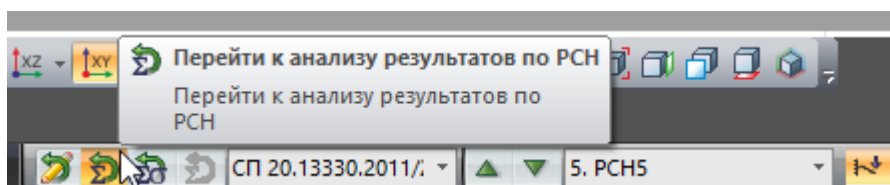
Справочная таблица 17. Параметры, подлежащие проверке

Параметр	Метод определения	Предельное значение
Давление p под подошвой фундамента	R_z от от нормативных длительных нагрузок по РСН 2.5 или 2.6. где получается большее значение)	Участок, кроме угловой и краевой зоны (значение по расчету) R (п. 5.6.7. СП 22., формула 5.7
		Краевая зона (значение по расчету) (п.5.6.26 СП 22) $1, 2 R$
		Угловая точка (значение по расчету) (п.5.6.26 СП 22) $1, 5 R$
Осадка S	Перемещения по Z от нормативных длительных нагрузок по РСН 2.5 или 2.6 (где получается большее значение).	\bar{s}_u (приложение Г СП 22)
Относительная разность осадок $\frac{\Delta s}{L}$	Перемещения по Z от нормативных длительных нагрузок по РСН 2.5 или 2.6 (где получается большее значение).	$(\frac{\Delta s}{L})_u$ (приложение Г СП 22)

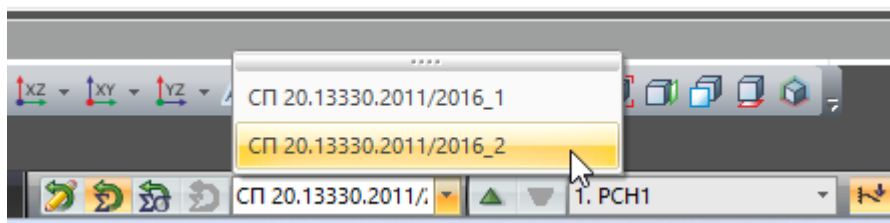
После выполнения расчета для просмотра результатов необходимо перейти в «результаты расчета» .

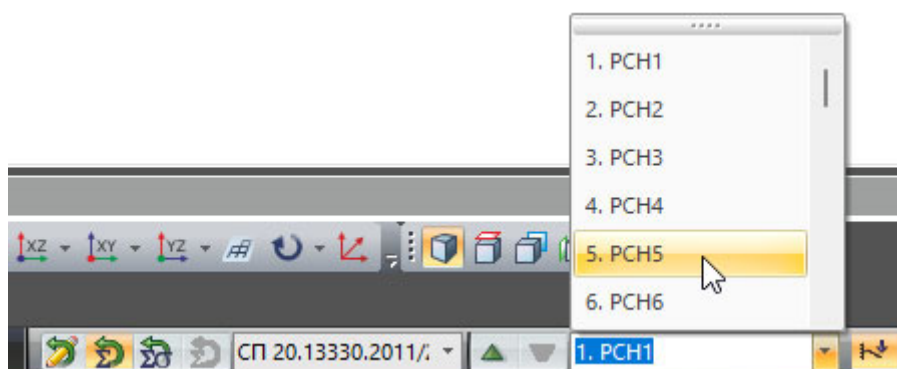


В результатах расчета переходим к анализу результатов по РСН.

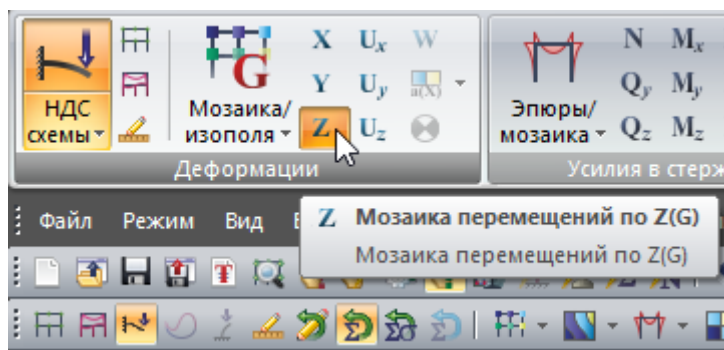


Переходим в результаты Таблицы РСН №2. Выбираем РСН №5





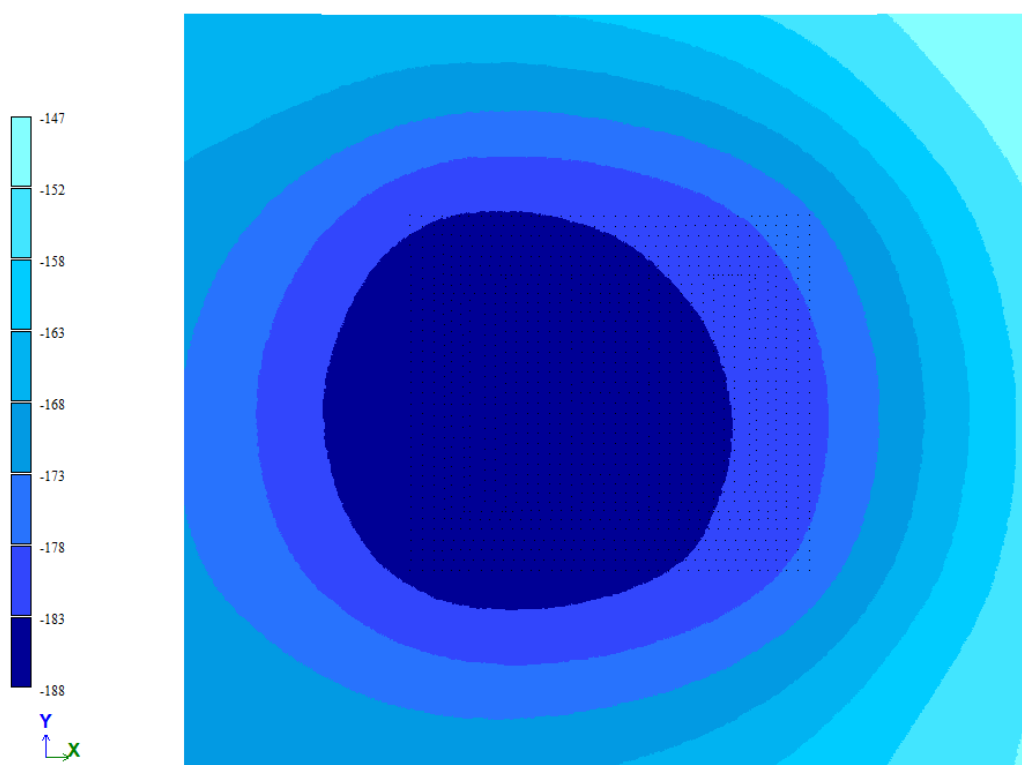
Выбираем мозаику перемещений по Z.



Осадка.

Максимальное значение осадки: 188мм

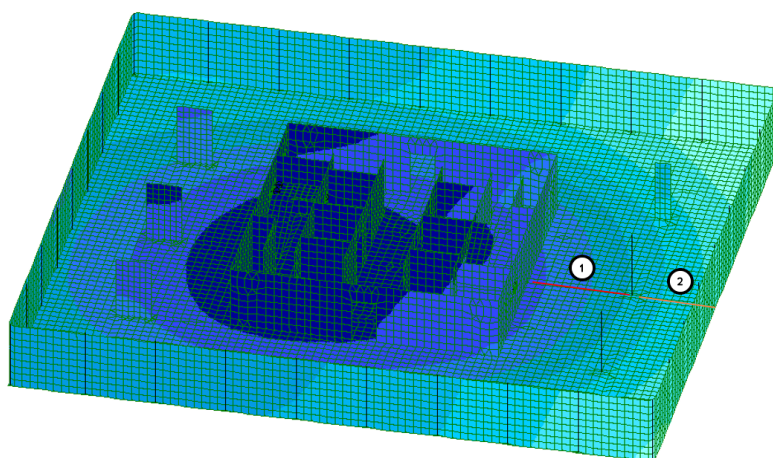
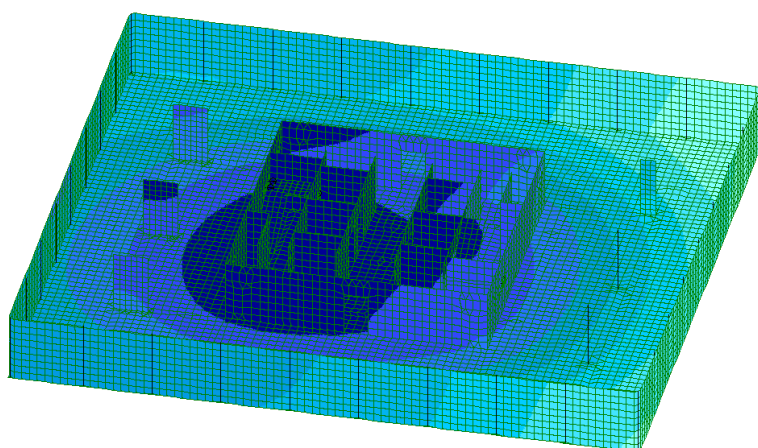
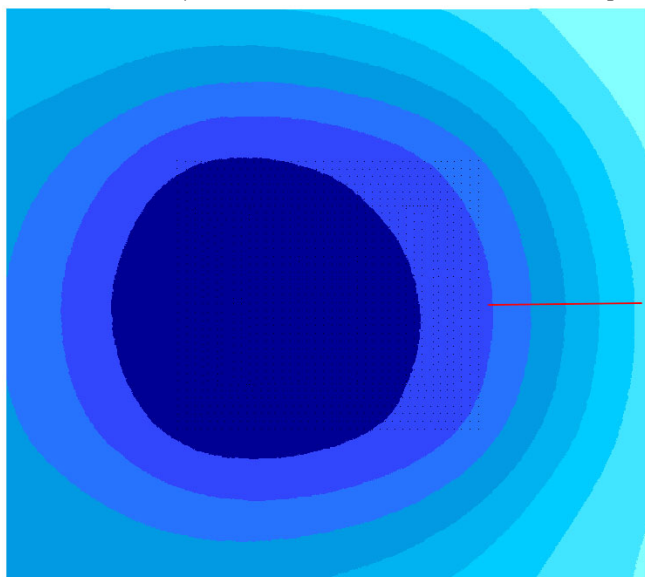
Среднее значение осадки: 165мм

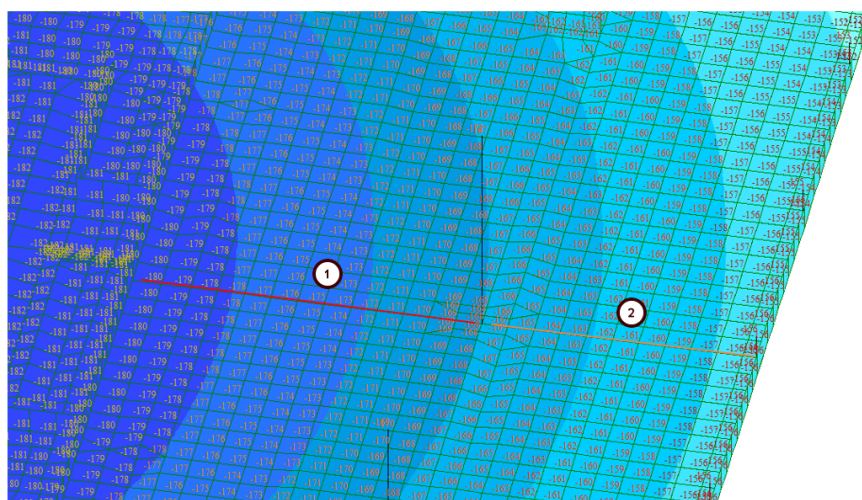
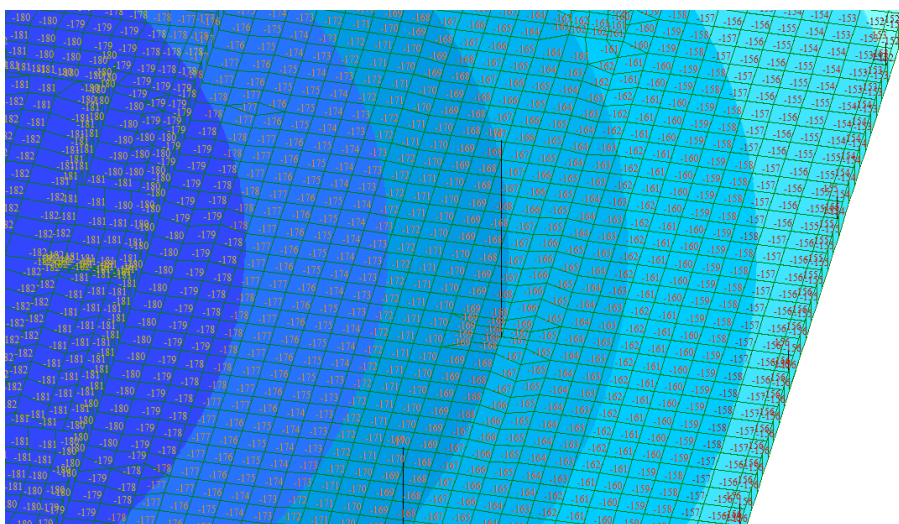


Относительная разность осадок высчитывается вручную по изополям перемещений.

Для этого находим место, где имеет место наибольшее нарастание деформаций (где изополя быстрее всего сменяют цвет).

Наибольшее нарастание имеет место на данном участке.





Определение относительной разности осадок на участке №1.

$$s_1 = 181 \text{ мм}$$

$$s_2 = 167 \text{ мм}$$

$$L = 5350 \text{ мм}$$

$$\frac{\Delta s}{L} = \frac{181 - 167}{5350} = 0,0026$$

Определение относительной разности осадок на участке №2.

$$s_1 = 167 \text{ мм}$$

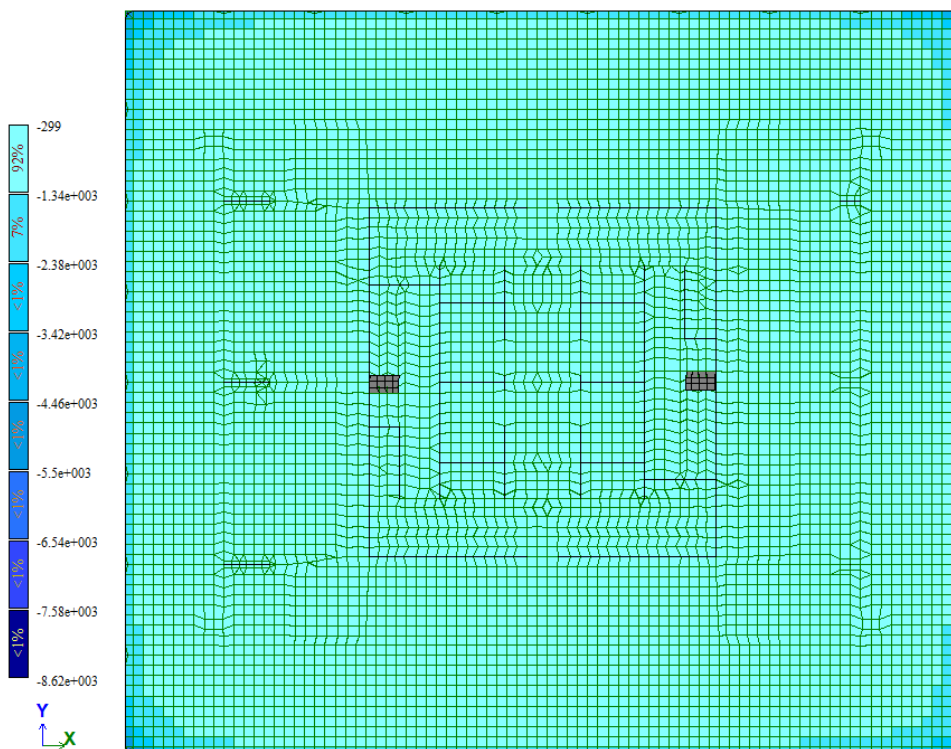
$$s_2 = 156 \text{ мм}$$

$$L = 4200 \text{ мм}$$

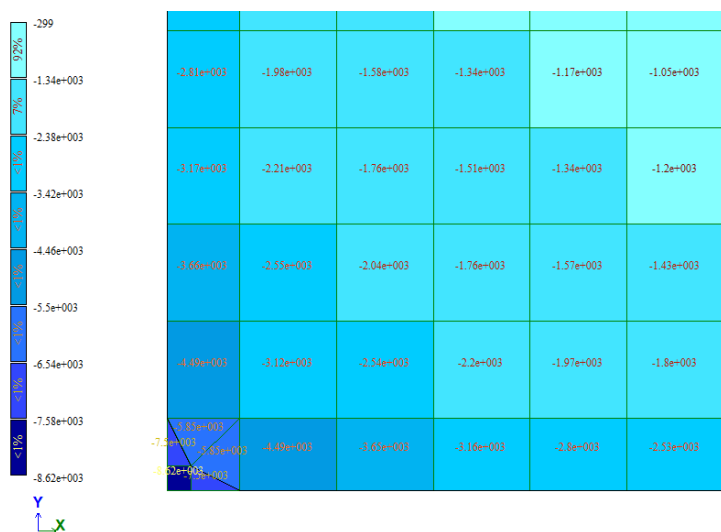
$$\frac{\Delta s}{L} = \frac{167 - 156}{4200} = 0,0026$$

Максимальное значение:

$$\frac{\Delta s}{L} = 0,0026$$



Наиболее нагруженный участок:



Угловая зона (значения по трем соседним элементам):

$$R_z = 5850 \dots 8620 \text{ кПа}$$

Краявая зона (значения по трем соседним элементам):

$$R_z = 3160 \dots 4490 \text{ кПа}$$

Участок, кроме угловой и краевой зоны (значения по трем соседним элементам)

$$R_z = 2200 \dots 3120 \text{ кПа}$$

Таблица–пример 5. Сводные результаты расчета

Параметр	Предельно допустимое значение	Результат расчета	Коэффициент использования
Давление p под подошвой фундамента	Участок, кроме угловой и краевой зоны (значение по расчету) $R = 3068$ кПа	2200 ... 3120	0,72...1,02
	Краевая зона (значение по расчету) (п.5.6.26 СП 22) $1,2 R = 1,2 \times 3068 = 3682$ кПа	3160.. 4490	0,86...1,22
	Угловая точка (значение по расчету) (п.5.6.26 СП 22) $1,5 R = 1,5 \times 3068 = 4602$ кПа	5850 ... 8620	1,27...1,87
Осадка S	20 см (приложение (п. 10.28 СП 22)) От автора. Однако допустимо использовать предельно допустимую осадку по приложению Г СП 22: 15 см	Средняя осадка 16,5см	0,83
Относительная разность осадок $\frac{\Delta s}{L}$	0,003 (приложение Г СП 22)	0,0026	0,87

Выводы по результатам расчета:

1. Коэффициент использования по ряду параметров превышает 1. Требования СП 22.13330.2016 не выполнены.
2. Требуется проектирование свайных фундаментов (по СП 24.13330.2021) или укрепление грунтов основания (по СП 22.13330.2016, СП 291.1325800.2017) или расширение площади опирания фундамента.

Частые вопросы.

Вопрос №1. Можно ли как-то дополнительно «осреднить» давление p под подошвой фундамента?

Ответ: да, можно, но при этом придется провести расчеты в Plaxis/Midas. Часть грунта перейдет в пластику, коэффициенты постели несколько изменятся.

Вопрос №2. Можно ли увеличить предельно допустимые осадки/относительную разность осадок.

Ответ: да, можно. См. 5.6.50 СП 22.13330.2016.

3. Свайный фундамент

3.1. Определение несущей способности свай

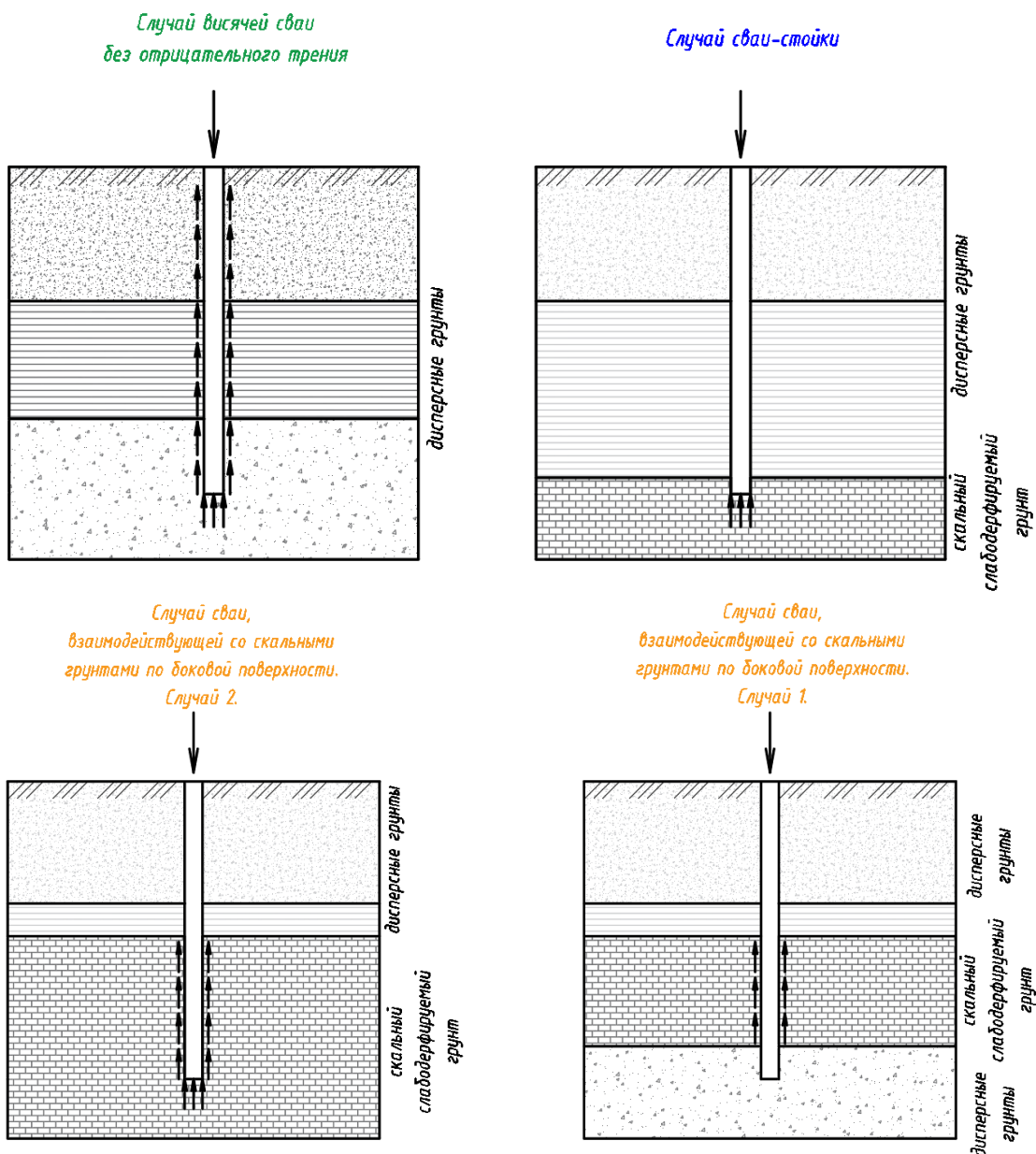
Сваи по способу передачи нагрузки на грунт разделяются на **сваи стойки** и **висячие сваи**.

Висячая свая: свая, передающая нагрузку на основание через боковую поверхность и пяту.

Свая-стойка: свая, опирающаяся на скальные или слабдеформируемые грунты и передающая нагрузку на основание преимущественно через пяту.

Отдельно следует выделить:

Сваи, взаимодействующие со скальными грунтами по боковой поверхности. Расчет данных свай, есть в нормах и довольно часто используется для свай высотных зданий



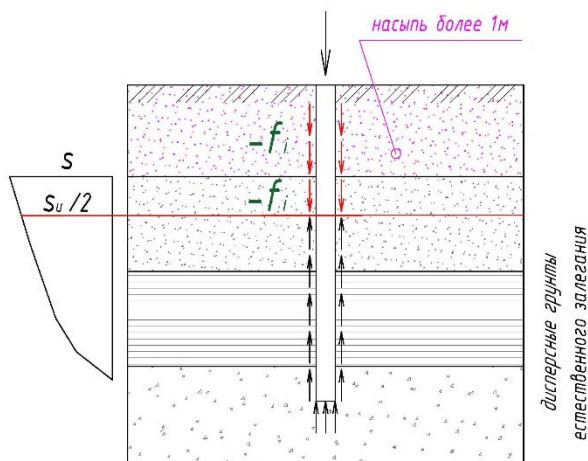
Трение не всегда направлено вертикально вверх, препятствуя нагрузке, которая приходит на саму сваю. В некоторых случаях, представленных ниже, свая дополнительно нагружается за счет оседания соседнего грунта.

Для определения длины с отрицательным трением необходимо рассчитать осадку S соседнего со сваей грунта.

Далее необходимо найти место по высоте в котором осадка равна предельно допустимой S_u **деленной на 2**. Предельно допустимая осадка определяется по справочной таблице 12. (Приложение Г. СП 22). Сама свая в расчете осадки не учитывается.

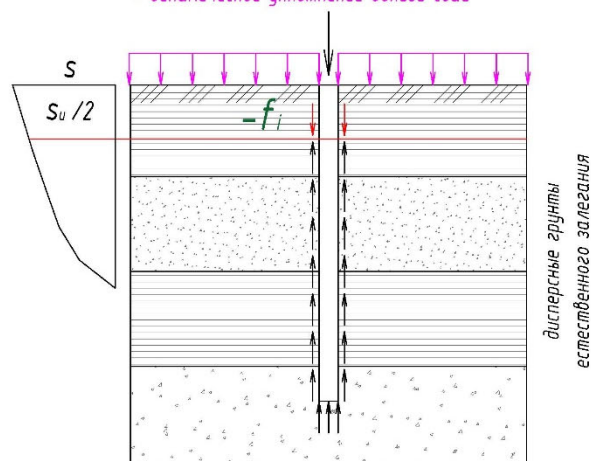
Сопротивление по боковой поверхности при отрицательном трении для торфа/ила/сапропели принимается равным минус 5кПа. Для остальных грунтов f_i принимается с отрицательным знаком по **справочная таблице 23** (таблица 7.3. СП 24.).

Случай висячей сваи с отрицательным трением



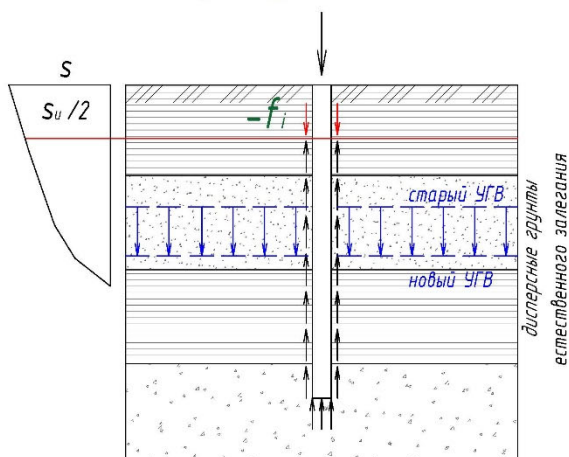
Случай висячей сваи с отрицательным трением

- полы складов с нагрузкой более 20кПа;
- нагрузка от оборудования более 100кПа;
- нагрузка от нового строительства вблизи существующих свай;
- динамическое уплотнение вблизи свай



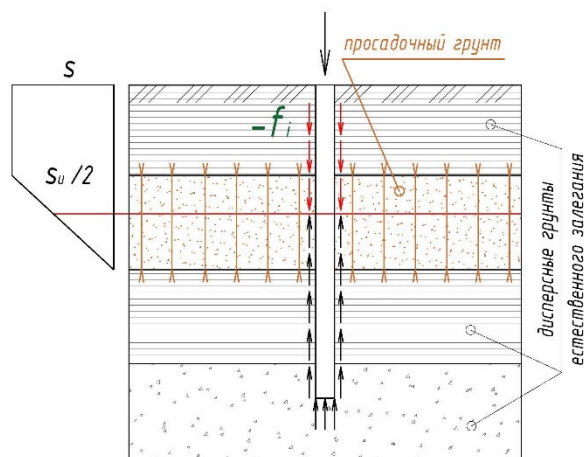
Случай висячей сваи с отрицательным трением

- снятие взвешивающего действия воды при понижении уровня грунтовых вод (УГВ)



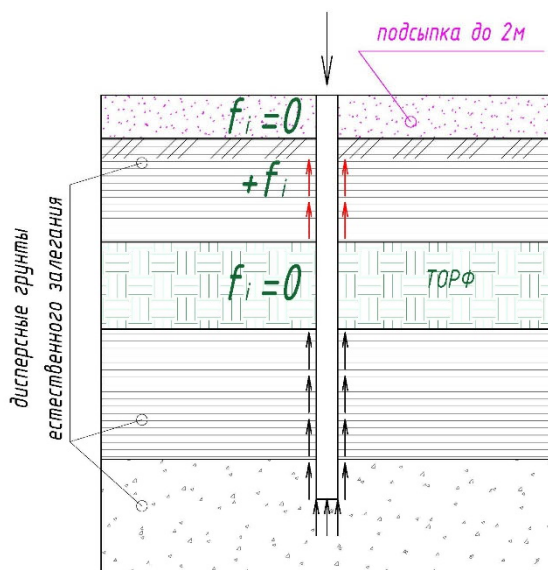
Случай висячей сваи с отрицательным трением

- просадка грунтов при замачивании



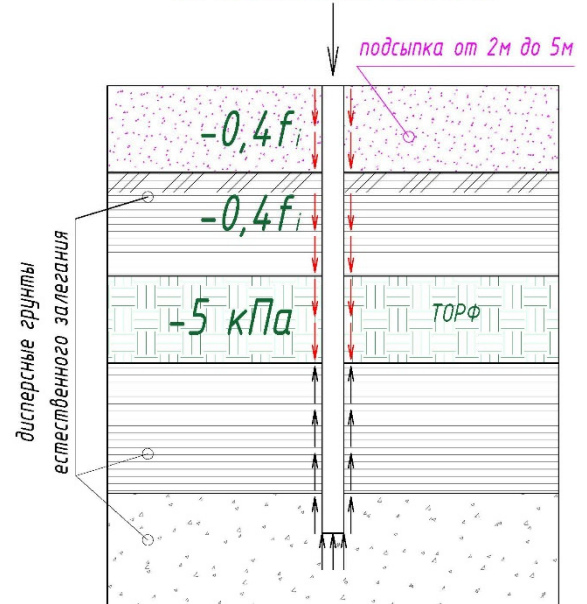
Случай с торфом толщиной более 30 см

Нагрузка до 35 кПа
или высота подсыпки до 2 м



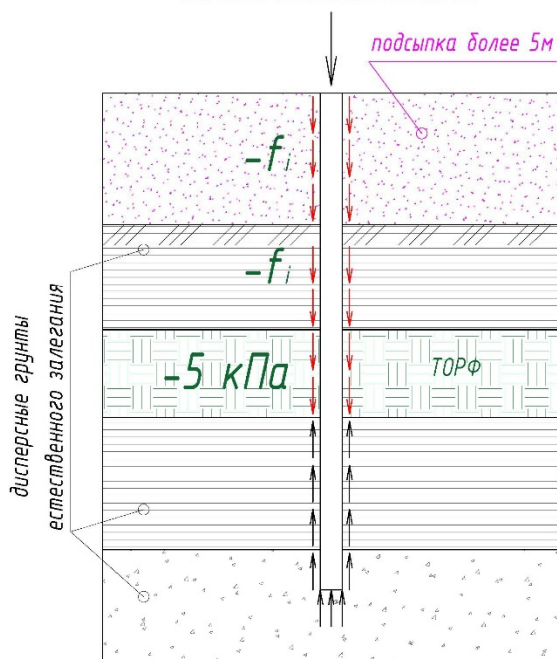
Случай с торфом толщиной более 30 см

Нагрузка от 35 до 85 кПа
или высота подсыпки от 2 м до 5 м



Случай с торфом толщиной более 30 см

Нагрузка более 85 кПа
или высота подсыпки более 5 м



Допускаемую нагрузку на сваю F_{ult} по материалу сваи (железобетон, сталь) следует определять по формуле:

$$\gamma_n \gamma_f N_n \leq F_{ult}$$

N_n – нормативная нагрузка на сваю

F_{ult} – несущая способность сваи по материалу из расчета железобетона;

γ_n – коэффициент надежности по ответственности;

γ_f – коэффициент надежности по нагрузке по п.7.5.11 СП 24, принимаемый равным:

1,3 – при определении усилий в сваях численными методами, учитывающими взаимодействие свай с примыкающим грунтом (реализовано в Plaxis/Midas).

1,4 – при расчете по методике, учитывающей взаимное влияние свай (П 7.4.4 СП 24) (реализовано в ЛИРА-САПР).

1,5 – в других, упрощенных случаях расчета

Допускаемую нагрузку на сваю $\frac{F_d}{\gamma_{c.g}}$ в составе фундамента или одиночную сваю следует определять по грунту исходя из условия (п. 7.1.11 СП 24):

$$\gamma_n N \leq \frac{F_d}{\gamma_{c.g}} \quad \text{или в таком виде} \quad N \leq \frac{F_d}{\gamma_n \gamma_{c.g}}$$

N – расчетная нагрузка, передаваемая на сваю от наиболее невыгодного сочетания нагрузок;

γ_n – коэффициент надежности по ответственности;

F_d – предельное сопротивление грунта основания одиночной сваи (рассчитывается по таблицам ниже или определяется на основании испытаний);

$\gamma_{c.g}$ – коэффициент надежности по грунту, принимаемый равным:

1,2 – если несущая способность сваи определена по результатам полевых испытаний статической нагрузкой;

1,25 – если несущая способность сваи определена расчетом по результатам статического зондирования грунта или по результатам динамических испытаний сваи, выполненным с учетом упругих деформаций грунта, а также по результатам полевых испытаний грунтов эталонной сваей или сваей-зондом;

1,4 – если несущая способность сваи определена расчетом с использованием таблиц СП 24, в том числе по результатам динамических испытаний свай, выполненных без учета упругих деформаций грунта;

Справочная таблица 18. Коэффициент надежности по ответственности γ_n

Класс сооружений	Уровень ответственности	γ_n
КС-3	Повышенный (Только для зданий высотой более 250 м и большепролетных сооружений (без промежуточных опор) с пролетом более 120 м)	1,2
КС-3	Повышенный	1,1
КС-2	Нормальный	1,0
КС-1	Пониженный	0,8

Висячие сваи

Справочные таблицы 19. Определение несущей способности свай.

Висячие забивные, вдавливаемые всех видов и железобетонные сваи-оболочки, погружаемые без выемки грунта (забивные сваи трения)	Висячие набивные, буровые и сваи-оболочки, погружаемые с выемкой грунта и заполняемые бетоном (сваи трения)
Расчетная формула	
Формула для расчета только на вдавливание(сжатие) п. 7.2.4 СП 24 $F_d = \gamma_c(\gamma_{R,R}RA + u \sum \gamma_{R,f} f_i h_i)$	Формула для расчета только на вдавливание(сжатие) п. 7.2.10 СП 24 $F_d = \gamma_c(\gamma_{R,R}RA + u \sum \gamma_{R,f} f_i h_i)$
u - наружный периметр поперечного сечения ствола сваи, м;	
h_i - толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м	
γ_c коэффициент условий работы свай в грунте	
$\gamma_c = 1$	<p>$\gamma_c = 0,8$ при опирании на лессовые грунты и на глинистые грунты со степенью влажности $S_r < 0,85$</p> <p>$\gamma_c = 1$ в остальных случаях</p> $S_r = \frac{\gamma_s W}{\gamma_w e}$ <p>γ_s - удельный вес частиц грунта; γ_w - удельный вес воды; W - природная влажность.</p>
R расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа	
R принимается по таблице 7.2 СП 24	<p>Для свай набивных вытеснительных и набивных виброштампованных R принимается по таблице 7.2 СП 24</p> <p>Для свай, у которых глинистый грунт в основании R по таблице 7.8 СП 24.</p> <p>Для набивной и буровой свай с уширением и без уширения, сваи-оболочки, погружаемой с полным удалением грунтового ядра, у которых крупнообломочный грунт с песчаным заполнителем и песков в основании: $R = 0,75\alpha_4(\alpha_1\gamma'_1 d + \alpha_2\alpha_3\gamma_1 h)$, но не более R, чем по таблице 7.2</p> <p>Для сваи-оболочки, погружаемой с сохранением грунтового ядра из указанных грунтов на высоту 0,5 м с песчаным заполнителем и песков в основании: $R = \alpha_4(\alpha_1\gamma'_1 d + \alpha_2\alpha_3\gamma_1 h)$, но не более R, чем по таблице 7.2</p> <p>$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ - коэффициенты, принимаемые по таблице 7.7 СП 24.</p> <p>γ'_1 - расчетное значение удельного веса грунта, кН/м³, в основании сваи (при водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды);</p> <p>γ_1 - осредненное (по слоям) расчетное значение удельного веса грунтов, кН/м³, расположенных выше нижнего конца сваи (при</p>

<p>Висячие забивные, вдавливаемые всех видов и железобетонные сваи-оболочки, погружаемые без выемки грунта (забивные сваи трения)</p>	<p>Висячие набивные, буровые и сваи-оболочки, погружаемые с выемкой грунта и заполняемые бетоном (сваи трения)</p>
	<p>водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды); d – диаметр, м, набивной и буровой свай, диаметр уширения (для свай с уширением), сваи-оболочки или диаметр скважины для сваи-столба, омоноличенного в грунте цементно-песчаным раствором; h – глубина заложения, м, нижнего конца свай или ее уширения, отсчитываемая от природного рельефа или уровня планировки (при планировке срезкой).</p>
<p>f_i – расчетное сопротивление i-го слоя грунта основания на боковой поверхности свай, кПа</p>	
<p>f_i принимается по таблице 7.3 СП 24</p>	<p>f_i принимается по таблице 7.3 СП 24</p>
<p>$\gamma_{R,R}$ коэффициент условий работы грунта под нижним концом</p>	
<p>$\gamma_{R,R}$ принимается по таблице 7.4 СП 24</p>	<p>$\gamma_{R,R} = 1,3$ – сваи с камуфлетными уширениями и буронаблюдательными сваями диаметром 0,15–0,35 м, выполняемые с уплотнением окружающего грунта путем обработки скважины по разрядно-импульсной технологии (РИТ) серией разрядов импульсов тока высокого напряжения; $\gamma_{R,R} = 0,5$ сваи с уширением, устраиваемых путем механического разбуривания грунта, бетонизируемых насухо $\gamma_{R,R} = 0,3$ сваи с уширением, устраиваемых путем механического разбуривания грунта, бетонизируемых подводным способом $\gamma_{R,R} = 1$ сваи в остальных случаях.</p>
<p>$\gamma_{R,f}$ коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности свай</p>	
<p>$\gamma_{R,f}$ принимается по таблице 7.4 СП 24</p>	<p>$\gamma_{R,f}$ принимается по таблице 7.6 СП 24</p>
<p>A – площадь опирания на грунт свай, м²</p>	
<p>Принимается: – для свай без уширения по площади поперечного сечения сваи brutto (полная площадь сечения) – для свай с уширением по площади поперечного сечения уширения по его наибольшему диаметру, – для свай оболочек по площади сваи-оболочки нетто (площадь с учетом ослабления сечения);</p>	<p>Принимается: – для набивных и буровых свай без уширения по площади поперечного сечения сваи; – для набивных и буровых свай с уширением – по площади поперечного сечения уширения в месте наибольшего его диаметра; – для свай-оболочек, заполняемых бетоном, – площади поперечного сечения оболочки brutto;</p>

Частые вопросы.

Вопрос №1. В таблицах СП и справочника упоминаются буровые и набивные сваи. По факту используются буронабивные. К чему относятся буронабивные?

Ответ. Буронабивные это частный случай буровых свай (п.6.5. СП 24).

Справочная таблица 20. Типовые размеры забивных свай (фрагмент Таблицы 1 ГОСТ 190804-2021)

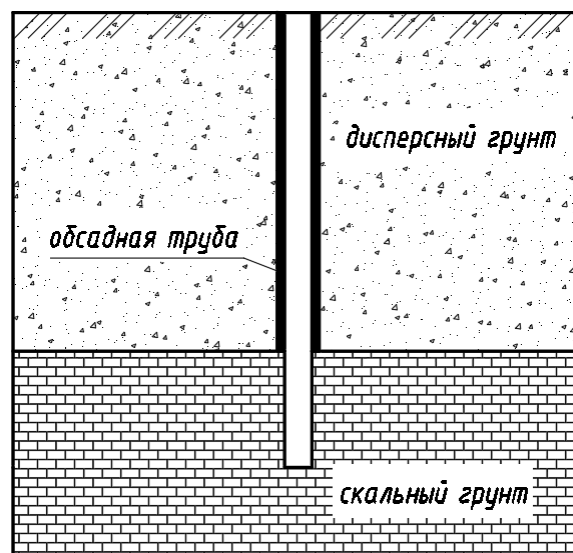
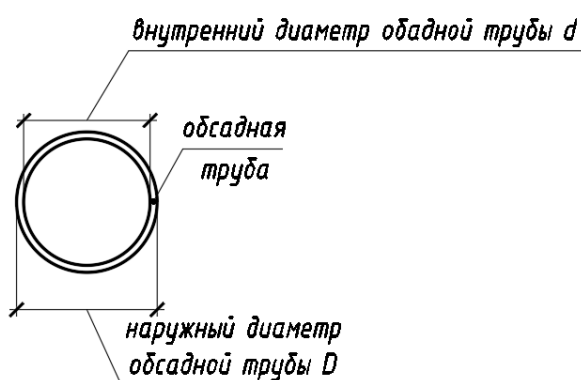
Тип и характеристика сваи	Эскиз сваи	Основные размеры сваи, мм	
		<i>b</i> или <i>d</i>	<i>l</i>
Тип С. Свая квадратного сплошного сечения цельная с ненапрягаемой арматурой		300	3000-12000
		350	4000-16000
		400	4000-18000
Тип С. Свая квадратного сплошного сечения цельная с напрягаемой арматурой		300	3000-15000
		350	8000-20000
		400	13000-20000
Тип С. Свая квадратного сплошного сечения составная с ненапрягаемой арматурой		300	14000-24000
		350	14000-28000

Справочная таблица 21. Сортамент обсадных труб для определения диаметра буронабивных свай.

Наружный диаметр обсадной трубы D (наружный диаметр сваи)	Внутренний диаметр обсадной трубы d (определяет размеры арм. Каркаса)
Ваугер (наиболее частая обсадная труба)	
620	540
750	670
800	720
880	800
1000	920
1180	1100
1300	1220
1500	1400
1800	1700
2000	1880
2200	2080
2500	2380

Наружный диаметр обсадной трубы D (наружный диаметр сваи)	Внутренний диаметр обсадной трубы d (определяет размеры арм. Каркаса)
Casagrande	
500	420
600	520
700	620
800	700
900	800
1000	900
1200	1100
1300	1200
1500	1400
1800	1700
2000	1880
2500	2350

Наружный диаметр обсадной трубы D (наружный диаметр сваи)	Внутренний диаметр обсадной трубы d (определяет размеры арм. Каркаса)
Leffer	
600	520
620	540
640	560
700	620
720	640
750	670
800	720
880	800
900	820
1000	920
1080	1000
1180	1100
1200	1120
1300	1220
1500	1420
1800	1720
2000	1910
2200	2110
2500	2410



По приведенным ниже таблицам зачастую нужно делать интерполяцию.

Методика интерполяции

X_1	Y_1
X	Ищем Y
X_2	Y_2

$$Y = Y_2 + \frac{(Y_1 - Y_2) \cdot (X - X_2)}{(X_1 - X_2)}$$

Справочная таблица 22. Таблица 7.2. СП 24.13330.2021

Глубина погружения нижнего конца сваи, м	Расчетные сопротивления R , кПа, под нижним концом забивных и вдавливаемых свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта						
	песков средней плотности						
	гравелистых	крупных	-	средней крупности	мелких	пылеватых	-
	глинистых грунтов при показателе текучести I_L , равном						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	7500	<u>6600</u> 4000	3000	<u>3100</u> 2000	<u>2000</u> 1200	1100	600
4	8300	<u>6800</u> 5100	3800	<u>3200</u> 2500	<u>2100</u> 1600	1250	700
5	8800	<u>7000</u> 6200	4000	<u>3400</u> 2800	<u>2200</u> 2000	1300	800
6	9250	<u>7150</u> 6550	4150	<u>3550</u> 3050	<u>2300</u> 2100	1350	825
7	9700	<u>7300</u> 6900	4300	<u>3700</u> 3300	<u>2400</u> 2200	1400	850
8	9967	<u>7433</u> 7033	4533	<u>3800</u> 4533	<u>2467</u> 2267	1433	867
9	10233	<u>7567</u> 7167	4767	<u>3900</u> 4767	<u>2533</u> 2333	1467	883
10	10500	<u>7700</u> 7300	5000	<u>4000</u> 3500	<u>2600</u> 2400	1500	900
11	10740	<u>7800</u> 7340	5120	<u>4080</u> 3600	<u>2660</u> 2500	1530	920
12	10980	<u>7900</u> 7380	5240	<u>4160</u> 3700	<u>2720</u> 2600	1560	940
13	11220	<u>8000</u> 7420	5360	<u>4240</u> 3800	<u>2780</u> 2700	1590	960
14	11460	<u>8100</u> 7460	5480	<u>4320</u> 3900	<u>2840</u> 2800	1620	980
15	11700	<u>8200</u> 7500	5600	<u>4400</u> 4000	2900	1650	1000
16	11880	<u>8260</u> 7700	5720	<u>4480</u> 4100	2960	1680	1020
17	12060	<u>8320</u> 7900	5840	<u>4560</u> 4200	3020	1710	1040
18	12240	<u>8380</u> 8100	5960	<u>4640</u> 4300	3080	1740	1060
19	12420	<u>8440</u> 8300	6080	<u>4720</u> 4400	3140	1770	1080
20	12600	8500	6200	<u>4800</u> 4500	3200	1800	1100
21	12760	8600	6320	<u>4800</u> 4640	3260	1830	1120
22	12920	8700	6440	<u>4960</u>	3320	1860	1140

ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ
ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.

Глубина погружения нижнего конца сваи, м	Расчетные сопротивления R , кПа, под нижним концом забивных и вдавливаемых свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта						
	песков средней плотности						
	грабелистых	крупных	-	средней крупности	мелких	пылеватых	-
	глинистых грунтов при показателе текучести I_L , равном						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
				4780			
23	13080	8800	6560	5040 4920	3380	1890	1160
24	13240	8900	6680	5120 5060	3440	1920	1180
25	13400	9000	6800	5200	3500	1950	1200
26	13560	9100	6920	5280	3560	1980	1220
27	13720	9200	7040	5360	3620	2010	1240
28	13880	9300	7160	5440	3680	2040	1260
29	14040	9400	7280	5520	3740	2070	1280
30	14200	9500	7400	5600	3800	2100	1300
31	14360	9600	7520	5680	3860	2130	1320
32	14520	9700	7640	5760	3920	2160	1340
33	14680	9800	7760	5840	3980	2190	1360
34	14840	9900	7880	5920	4040	2220	1380
35	15000	10000	8000	6000	4100	2250	1400
36	15160	10100	8120	6080	4160	2280	1420
37	15320	10200	8240	6160	4220	2310	1440
38	15480	10300	8360	6240	4280	2340	1460
39	15640	10400	8480	6320	4340	2370	1480
40	15800	10500	8600	6400	4400	2400	1500

Примечания (оставлены наиболее нужные):

- Над чертой даны значения R для песков, под чертой – для глинистых грунтов.
- В настоящей таблице глубину погружения нижнего конца сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта при планировке территории срезкой, подсыпкой, намывом до 3 м следует принимать от уровня природного рельефа, а при срезке, подсыпке, намыве от 3 м – от условной отметки, расположенной соответственно на 3 м выше уровня срезки или на 3 м ниже уровня подсыпки.

В случаях, когда слежавшиеся насыпные грунты на геологическом разрезе расположены над торфом, они участвуют в пригрузе коренных грунтов, а следовательно значения h_i следует принимать от уровня верха насыпи.

- Для **плотных** песков, плотность которых определена по данным статического зондирования, значения R по настоящей таблице для свай, погруженных без использования подмыва или лидерных скважин, следует увеличивать на 100% – для песков крупных и средней крупности и на 130% – для песков мелких и пылеватых. При определении плотности грунта по данным других видов инженерных изысканий и отсутствии данных статического зондирования для **плотных** песков значения R по настоящей таблице следует увеличивать на 60% – для песков крупных и средней крупности и на 75% – для песков мелких и пылеватых, но не более чем до 20000 кПа.
- Для супесей при числе пластичности $I_p \leq 4$ и коэффициенте пористости $e \leq 0,8$ расчетные сопротивления R и f_i следует определять как для пылеватых песков средней плотности.

Примечание: *зеленым* – проинтерполированные автором значения для удобства использования.



Справочная таблица 23. Таблица 7.3. СП 24.13330.2021

Средняя глубина расположения слоя грунта, м	Расчетные сопротивления $f_{i,}$ кПа, на боковой поверхности забивных и вдавливаемых свай и свай-оболочек								
	песков средней плотности								
	крупных и средней крупности	мелких	пылеватых	-	-	-	-	-	-
	глинистых грунтов при показателе текучести I_L , равном								
	$\leq 0,2$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	35	23	15	12	8	4	4	3	2
2	42	30	21	17	12	7	5	4	4
3	48	35	25	20	14	8	7	6	5
4	53	38	27	22	16	9	8	7	5
5	56	40	29	24	17	10	8	7	6
6	58	42	31	25	18	10	8	7	6
7	60	43	32	25,5	18,5	10	8	7	6
8	62	44	33	26	19	10	8	7	6
9	63,5	45	33,5	26,5	19	10	8	7	6
10	65	46	34	27	19	10	8	7	6
11	66,4	47	34,8	27,2	19,2	10,2	8	7	6
12	67,8	48	35,6	27,4	19,4	10,4	8	7	6
13	69,2	49	36,4	27,6	19,6	10,6	8	7	6
14	70,6	50	37,2	27,8	19,8	10,8	8	7	6
15	72	51	38	28	20	11	8	7	6
16	73,4	52	38,6	28,4	20	11,2	8	7	6
17	74,8	53	39,2	28,8	20	11,4	8	7	6
18	76,2	54	39,8	29,2	20	11,6	8	7	6
19	77,6	55	40,4	29,6	20	11,8	8	7	6
20	79	56	41	30	20	12	8	7	6
21	80,4	57	41,6	30,4	20	12	8	7	6
22	81,8	58	42,2	30,8	20	12	8	7	6
23	83,2	59	42,8	31,2	20	12	8	7	6
24	84,6	60	43,4	31,6	20	12	8	7	6
25	86	61	44	32	20	12	8	7	6
26	87,4	62	44,6	32,4	20,2	12	8,2	7,2	6,2
27	88,8	63	45,2	32,8	20,4	12	8,4	7,4	6,4
28	90,2	64	45,8	33,2	20,6	12	8,6	7,6	6,6
29	91,6	65	46,4	33,6	20,8	12	8,8	7,8	6,8
30	93	66	47	34	21	12	9	8	7
31	94,4	66,8	47,6	34,4	21,2	12,2	9	8	7
32	95,8	67,6	48,2	34,8	21,4	12,4	9	8	7
33	97,2	68,4	48,8	35,2	21,6	12,6	9	8	7
34	98,6	69,2	49,4	35,6	21,8	12,8	9	8	7
35	100	70	50	36	22	13	9	8	7
36	101,4	70,8	50,6	36,4	22,2	13,2	9	8	7
37	102,8	71,6	51,2	36,8	22,4	13,4	9	8	7
38	104,2	72,4	51,8	37,2	22,6	13,6	9	8	7
39	105,6	73,2	52,4	37,6	22,8	13,8	9	8	7
40	107	74	53	38	23	14	9	8	7

Примечания (оставлены наиболее нужные):

- В настоящей таблице глубину погружения нижнего конца свай и среднюю глубину расположения слоя грунта при планировке территории срезкой, подсыпкой, намывом до 3 м следует принимать от уровня природного рельефа, а при срезке, подсыпке, намыве от 3 м – от условной отметки, расположенной соответственно на 3 м выше уровня срезки или на 3 м ниже уровня подсыпки.
- При определении расчетных сопротивлений грунтов на боковой поверхности свай $f_{i,}$ пласты грунтов следует расчленять на однородные слои толщиной не более 2 м.
- Значения расчетного сопротивления **плотных песков** на боковой поверхности свай $f_{i,}$ следует увеличивать на 30% по сравнению со значениями, приведенными в настоящей таблице.
- Расчетные сопротивления супесей и суглинков с коэффициентом пористости $e < 0,5$ и глин с коэффициентом пористости $e < 0,6$ следует увеличивать на 15% по сравнению со значениями, приведенными в настоящей таблице, при любых значениях показателя текучести.
- Для супесей при числе пластичности $I_p \leq 4$ и коэффициенте пористости $e \leq 0,8$ расчетные сопротивления R и $f_{i,}$ следует определять как для пылеватых песков средней плотности.

Справочная таблица 24. Таблица 7.4. СП 24.13330.2021

Способ погружения забивных и вдавливаемых свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, и виды грунтов	Коэффициент условий работы грунта при расчете несущей способности свай	
	под нижним концом $\gamma_{R,R}$	на боковой поверхности $\gamma_{R,f}$
1. Погружение сплошных и полых с закрытым нижним концом свай механическими (подвесными), паровоздушными и дизельными молотами	1,0	1,0
2. Погружение забивкой и вдавливанием в предварительно пробуренные лидерные скважины с заглублением концов свай не менее 1 м ниже забоя скважины при ее диаметре:		
а) равном стороне квадратной сваи или диаметру сваи круглого сечения	1,0	0,5
б) на 0,05 м менее стороны квадратной сваи или диаметра сваи круглого сечения	1,0	0,6
в) на 0,15 м менее стороны квадратной сваи или диаметра сваи круглого сечения	1,0	1,0
3. Погружение с подмывом в песчаные грунты при условии добивки свай на последнем этапе погружения без применения подмыва на 1 м и более	1,0	0,9
4. Вибропогружение свай-оболочек, вибропогружение и вибровдавливание свай в грунты:		
а) пески средней плотности:		
крупные и средней крупности	1,2	1,0
мелкие	1,1	1,0
пылеватые	1,0	1,0
б) глинистые с показателем текучести $I_L = 0,5$:		
супеси	0,9	0,9
суглинки	0,8	0,9
глины	0,7	0,9
в) глинистые с показателем текучести $I_L \leq 0$	1,0	1,0
5. Погружение молотами полых железобетонных свай с открытым нижним концом:		
а) при диаметре полости сваи менее 0,4 м	1,0	1,0
б) то же, от 0,4 до 0,8 м	0,7	1,0
6. Погружение любым способом полых свай круглого сечения с закрытым нижним концом на глубину 10 м и более с последующим устройством в нижнем конце свай камуфлетного уширения в песчаных грунтах средней плотности и в глинистых грунтах с показателем текучести $I_L \leq 0,5$ при диаметре уширения, равном:		
а) 1,0 м независимо от указанных видов грунта	0,9	1,0
б) 1,5 м в песках и супесях	0,8	1,0
в) 1,5 м в суглинках и глинах	0,7	1,0
7. Погружение вдавливанием свай:		
а) в пески крупные, средней крупности и мелкие	1,1	1,0
б) в пески пылеватые	1,1	0,8
в) в глинистые грунты с показателем текучести $I_L < 0,5$	1,1	1,0
г) то же, $I_L \geq 0,5$	1,0	1,0
Примечание – Коэффициенты $\gamma_{R,R}$ и $\gamma_{R,f}$ по пункту 4 настоящей таблицы для глинистых грунтов с показателем текучести $0,5 \geq I_L > 0$ определяют интерполяцией.		

Справочная таблица 25. Таблица 7.6. СП 24.13330.2021

Тип свай и способы их устройства	Коэффициент условий работы свай $\gamma_{R,f}$			
	песках	супесях	суглинках	глинах
1 Набивные, а также сваи, устраиваемые с вытеснением грунта при погружении инвентарной трубы с теряемым наконечником или бетонной пробкой	1	1	1	0,9
2 Набивные виброштампованные	0,9	0,9	0,9	0,9
3 Буровые, в том числе с уширением, бетонируемые:				
а) при отсутствии воды в скважине (сухим способом) и при использовании обсадных инвентарных труб, а также при выполнении их методом непрерывно перемещающегося шнека (НПШ)	0,7	0,7	0,7	0,6
б) под водой или под глинистым раствором	0,6	0,6	0,6	0,6
в) жесткими бетонными смесями, укладываемыми с помощью глубинной вибрации (сухим способом)	0,8	0,8	0,8	0,7
4 Бареты (буровые сваи), изготавливаемые технологическим оборудованием типа плоский грейфер или гидрофреза	0,6	0,6	0,6	0,6
5 Сваи-оболочки, погружаемые вибрированием с выемкой грунта	1,0	0,9	0,7	0,6
6 Сваи-столбы	0,7	0,7	0,7	0,6
7 Буриинъекционные, изготавливаемые под защитой обсадных труб или бентонитового раствора с опрессовкой давлением 200–400 кПа (2–4 атм), а также при выполнении их с инъекцией бетонной смеси через колонну проходных полых шнеков	0,9	0,8	0,8	0,8
8 Буриинъекционные диаметром 0,15–0,35 м, выполняемые с уплотнением окружающего грунта путем обработки скважины по разрядно-импульсной технологии (РИТ) серией разрядов импульсов тока высокого напряжения.	1,3	1,3	1,1	1,1

Справочная таблица 26. Таблица 7.7. СП 24.13330.2021

Коэффициент	Расчетные значения угла внутреннего трения грунта $\varphi = \varphi_1$ (при доверительной вероятности 0,95)																
	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°
α_1	9,50	11,05	12,60	14,95	17,30	20,85	24,40	29,50	34,60	41,60	48,60	59,95	71,30	89,65	108,0	135,5	163
α_2	18,60	21,70	24,80	28,80	32,80	39,15	45,50	54,75	64,00	75,80	87,60	107,30	127,00	156,00	185,0	222,5	260
α_3 при h/d , равном:																	
4,0	0,78	0,79	0,79	0,80	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,86	0,87
5,0	0,75	0,76	0,76	0,77	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85
7,5	0,68	0,69	0,70	0,71	0,71	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84
10,0	0,62	0,64	0,65	0,66	0,67	0,69	0,70	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81
12,5	0,58	0,60	0,61	0,62	0,63	0,65	0,67	0,69	0,70	0,72	0,73	0,74	0,75	0,77	0,78	0,79	0,80
15,0	0,55	0,57	0,58	0,60	0,61	0,63	0,65	0,67	0,68	0,70	0,71	0,72	0,73	0,75	0,76	0,78	0,79
17,5	0,51	0,53	0,55	0,57	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,69	0,71	0,72	0,74	0,75	0,77	0,78
20,0	0,49	0,51	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,68	0,70	0,72	0,74	0,75	0,77	0,78
22,5	0,46	0,49	0,51	0,53	0,55	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,67	0,69	0,71	0,73	0,74	0,76	0,77
25,0 и более	0,44	0,47	0,49	0,52	0,54	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,70	0,72	0,74	0,76	0,77
α_4 при d , равном, м:																	
0,8 и менее	0,34	0,33	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22
0,88	0,34	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22
0,9	0,34	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22
1	0,33	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22
1,08	0,33	0,32	0,30	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22
1,18	0,33	0,32	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21
1,2	0,33	0,32	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21
1,3	0,33	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21
1,5	0,32	0,31	0,29	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21
1,8	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,20
2,0	0,31	0,30	0,28	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,20
2,2	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,20	0,20
2,5	0,29	0,28	0,27	0,27	0,26	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19
3	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19	0,19
3,5	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19	0,19	0,18	0,18
4,0	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,2	0,20	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17

Примечания:
d – диаметр, м, набивной и буровой свай, диаметр уширения (для свай с уширением), свай-оболочки или диаметр скважины для свай-столба, омоноличеного в грунте цементно-песчаным раствором;
h – глубина заложения, м, нижнего конца свай или ее уширения, отсчитываемая от природного рельефа или уровня планировки (при планировке срезами).

Справочная таблица 27. Таблица 7.8. СП 24.13330.2021

Глубина заложения нижнего конца сваи, м	Расчетное сопротивление R , кПа, под нижним концом набивных и буровых свай и свай-оболочек, погружаемых с выемкой грунта и заполняемых бетоном, при глинистых грунтах, за исключением просадочных, с показателем текучести I_L , равным												
	0,0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
3	850	800	750	700	650	575	500	450	400	350	300	275	250
4	925	863	800	750	700	638	575	513	450	400	350	325	300
5	1000	925	850	800	750	700	650	575	500	450	400	375	350
6	1075	1000	925	863	800	750	700	625	550	500	450	425	400
7	1150	1075	1000	925	850	800	750	675	600	550	500	475	450
8	1217	1142	1067	992	917	867	817	742	667	617	567	534	500
9	1283	1208	1133	1058	983	933	883	808	733	683	633	592	550
10	1350	1275	1200	1125	1050	1000	950	875	800	750	700	650	600
11	1450	1375	1300	1225	1150	1088	1025	950	875	813	750	700	650
12	1550	1475	1400	1325	1250	1175	1100	1025	950	875	800	750	700
13	1633	1558	1483	1408	1333	1250	1167	1084	1000	934	867	800	733
14	1717	1642	1567	1492	1417	1325	1233	1142	1050	992	933	850	767
15	1800	1725	1650	1575	1500	1400	1300	1200	1100	1050	1000	900	800
16	1900	1817	1733	1650	1567	1467	1367	1267	1167	1109	1050	950	850
17	2000	1909	1817	1725	1633	1533	1433	1333	1233	1167	1100	1000	900
18	2100	2000	1900	1800	1700	1600	1500	1400	1300	1225	1150	1050	950
19	2200	2100	2000	1900	1800	1688	1575	1475	1375	1288	1200	1100	1000
20	2300	2200	2100	2000	1900	1775	1650	1550	1450	1350	1250	1150	1050
21	2400	2295	2190	2080	1970	1843	1715	1610	1505	-	-	-	-
22	2500	2390	2280	2160	2040	1910	1780	1670	1560	-	-	-	-
23	2600	2485	2370	2240	2110	1978	1845	1730	1615	-	-	-	-
24	2700	2580	2460	2320	2180	2045	1910	1790	1670	-	-	-	-
25	2800	2675	2550	2400	2250	2113	1975	1850	1725	-	-	-	-
26	2900	2770	2640	2480	2320	2180	2040	1910	1780	-	-	-	-
27	3000	2865	2730	2560	2390	2248	2105	1970	1835	-	-	-	-
28	3100	2960	2820	2640	2460	2315	2170	2030	1890	-	-	-	-
29	3200	3055	2910	2720	2530	2383	2235	2090	1945	-	-	-	-
30	3300	3150	3000	2800	2600	2450	2300	2150	2000	-	-	-	-
31	3420	3260	3100	2895	2690	2530	2370	2210	2050	-	-	-	-
32	3540	3370	3200	2990	2780	2610	2440	2270	2100	-	-	-	-
33	3660	3480	3300	3085	2870	2690	2510	2330	2150	-	-	-	-
34	3780	3590	3400	3180	2960	2770	2580	2390	2200	-	-	-	-
35	3900	3700	3500	3275	3050	2850	2650	2450	2250	-	-	-	-
36	4020	3810	3600	3370	3140	2930	2720	2510	2300	-	-	-	-
37	4140	3920	3700	3465	3230	3010	2790	2570	2350	-	-	-	-
38	4260	4030	3800	3560	3320	3090	2860	2630	2400	-	-	-	-
39	4380	4140	3900	3655	3410	3170	2930	2690	2450	-	-	-	-
≥40	4500	4250	4000	3750	3500	3250	3000	2750	2500	-	-	-	-

Примечания (оставлены наиболее нужные):
1 В настоящей таблице глубину погружения нижнего конца сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта при планировке территории срезкой, подсыпкой, намывом до 3 м следует принимать от уровня природного рельефа, а при срезке, подсыпке, намыве от 3 м – от условной отметки, расположенной соответственно на 3 м выше уровня срезки или на 3 м ниже уровня подсыпки.
2 Расчетное сопротивление R для крупнообломочных грунтов с глинистым заполнителем определяется по результатам отдельных испытаний грунта на боковой поверхности натурной сваи и под ее нижним концом.

Свай-стойки

Нагрузки идет на кровлю скального грунта, заделка в грунт невысокая.

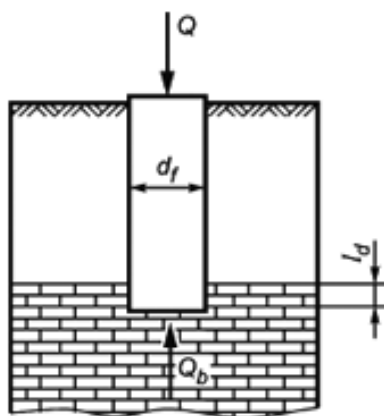


Рисунок 7.1. СП 24

l_d – расчетная глубина заделки;

d_f – диаметр набивной и буровой сваи и сваи-оболочки в скальный грунт, м;

Согласно п. 7.2.1. СП 24:

$$F_d = F_{db}$$

$$F_{db} = \gamma_c RA$$

A – площадь опирания на грунт сваи, м²

Для свай сплошного сечения и полых свай с закрытым нижним концом равной площади поперечного сечения бурто, для полых свай круглого сечения с открытым нижним концом и сваи-оболочек – равной площади поперечного сечения нетто при отсутствии заполнения их полости бетоном и равной площади поперечного сечения бурто при заполнении этой полости бетоном на высоту не менее трех ее диаметров.

Коэффициент условий работы γ_c

$$\gamma_c = 1$$

R – расчетное сопротивление массива скального грунта под нижним концом сваи-стойки

Вариант №1

Вариант №2

При глубине заделки в скальный грунт
 $l_d < 0,5$

При глубине заделки в скальный грунт
 $l_d \geq 0,5$

$$R = R_m$$

Необходимо проверить условия « R не более»
и « R не менее».

$$R = R_m \left(1 + 0,4 \frac{l_d}{d_f} \right)$$

l_d – расчетная глубина заделки;
 d_f – диаметр набивной и буровой сваи и сваи-оболочки в скальном грунте, м;
 d_f определяется по внутреннему диаметру
обсадной трубы

$\left(1 + 0,4 \frac{l_d}{d_f} \right)$ должно быть не более 3.

Для свай оболочек $\left(1 + 0,4 \frac{l_d}{d_f} \right) = 1$

Необходимо проверить условия «R не более» и «R не менее».

R_m – расчетное сопротивление массива скального грунта под нижним концом сваи-стойки.
В случае определения R_m , в полевых условиях:

$$R_m = \frac{R_{c,m,n}}{\gamma_g}$$

$\gamma_g = 1,4$ – коэффициент условий работы.

В случае если R_m по результатам испытаний образцов отдельностей (монолитов) в лабораторных условиях

$$R_m = R_c K_s$$

R_c – расчетное и нормативное значения предела прочности на одноосное сжатие скального грунта в водонасыщенном состоянии, кПа

K_s – коэффициент, учитывающий снижение прочности ввиду трещиноватости скальных грунтов, принимаемый по таблице 7.1. СП 24.

Необходимо проверить условия:

«Не более»

- R не должно быть более 20000 кПа

«Не менее»

- R не должно быть менее для набивной и буровой свай с уширением и без уширения, свай-оболочки, погружаемой с полным удалением грунтового ядра, у которых крупнообломочный грунт с песчаным заполнителем и **песков в основании**:

$$R = 0,75\alpha_4(\alpha_1\gamma'_1 d + \alpha_2\alpha_3\gamma_1 h), \text{ но не более } R, \text{ чем по таблице 7.2}$$

Для свай-оболочки, погружаемой с сохранением грунтового ядра из указанных грунтов на высоту 0,5 м с песчаным заполнителем и **песков в основании**:

$$R = \alpha_4(\alpha_1\gamma'_1 d + \alpha_2\alpha_3\gamma_1 h), \text{ но не более } R, \text{ чем по таблице 7.2}$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ – коэффициенты, принимаемые по таблице 7.7 СП 24, принимая угол внутреннего трения $\varphi = 32^\circ$ (фиксированное нормами значение)

γ'_1 – расчетное значение удельного веса грунта, кН/м³, в основании сваи (при водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды);

γ_1 – осредненное (по слоям) расчетное значение удельного веса грунтов, кН/м³, расположенных выше нижнего конца сваи (при водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды);

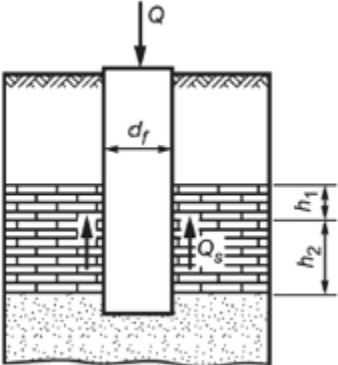
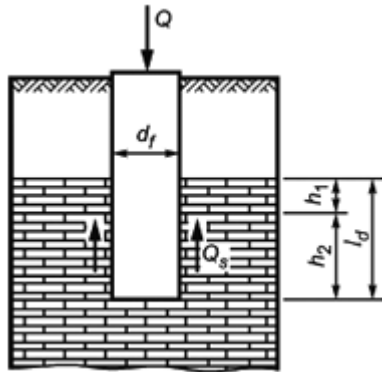
d – диаметр, м, набивной и буровой свай, диаметр уширения (для свай с уширением), свай-оболочки или диаметр скважины для свай-столба, омоноличенного в грунте цементно-песчаным раствором;

h – глубина заложения, м, нижнего конца сваи или ее уширения, отсчитываемая от природного рельефа или уровня планировки (при планировке срезкой).

Справочная таблица 28. Таблица 7.1. СП 24

Степень трещиноватости	Показатель качества породы RQD, %	Коэффициент снижения прочности K_s
Очень слаботрещиноватые	90–100	1
Слаботрещиноватые	75–90	0,60 ... 1,00
Среднетрещиноватые	50–75	0,32 ... 0,60
Сильнотрещиноватые	25–50	0,22 ... 0,32
Очень сильнотрещиноватые	0–25	0,22

Сваи работающие по боковой поверхности при взаимодействии со скальными грунтами

Случай 1. Отсутствует скальный грунт под пятой сваи	
 <p>Рисунок Д.1 СП 24</p>	<p>Согласно приложения Д СП 24:</p> $F_d = F_{ds}$ $F_{ds} = u \sum R_{si} h_i$ <p>R_{si} – расчетное сопротивление i-го слоя скального грунта на боковой поверхности сваи, кПа; h_i – толщина i-го слоя скального грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м.</p> $R_{si} = 0,63\sqrt{p_a R_{ci}}$ $p_a = 100 \text{ кПа}$ R_{ci} – расчетное значение предела прочности на одноосное сжатие i -го слоя скального грунта в водонасыщенном состоянии, кПа.
Случай 2. Присутствует скальный грунт под пятой сваи	
 <p>Рисунок Д.2 СП 24</p>	<p>Принимается <u>наибольшая несущая способность</u> по расчету из следующих ситуаций:</p> <ol style="list-style-type: none"> Ситуация при расчете сваи как сваи-стойки(см. выше) $F_{db} = \gamma_c RA$ Ситуация при расчете как при отсутствии скального грунта под плитой (см. случай 1 – выше) $F_{ds} = u \sum R_{si} h_i$ Наименьшее из значений: <ol style="list-style-type: none"> значение F_{db}/η значение $F_{ds}/(1 - \eta)$ <p>η – доля от общей нагрузки Q, воспринимаемая пятой сваи</p> $\eta = \frac{Q_b}{Q}$ <p>η определяется или по результатам испытаний или по результатам численного моделирования</p>

3.2. Требования по заделке нижних концов свай в грунт

Справочная таблица 29. Требования по заделке нижних концов свай

Висячие сваи	
Висячие забивные, вдавливаемые всех видов и железобетонные сваи-оболочки, погружаемые без выемки грунта (забивные сваи трения)	Висячие набивные, буровые и сваи-оболочки, погружаемые с выемкой грунта и заполняемые бетоном (сваи трения)
Не нормировано	<ul style="list-style-type: none"> - Для свай набивных вытеснительных и набивных виброштампованных. Не нормировано. - Для свай, у которых глинистый грунт в основании. Не нормировано. - Для набивной и буровой свай с уширением и без уширения, сваи-оболочки, погружаемой с полным удалением грунтового ядра, у которых крупнообломочный грунт с песчаным заполнителем и песков в основании. Не менее чем на 2 м. - Для сваи-оболочки, погружаемой с сохранением грунтового ядра из указанных грунтов на высоту 0,5 м с песчаным заполнителем и песков в основании. Не менее чем на 2 м.
Сваи-стойки и сваи работающие по доковой поверхности при взаимодействии со скальными грунтами	
Не нормировано	

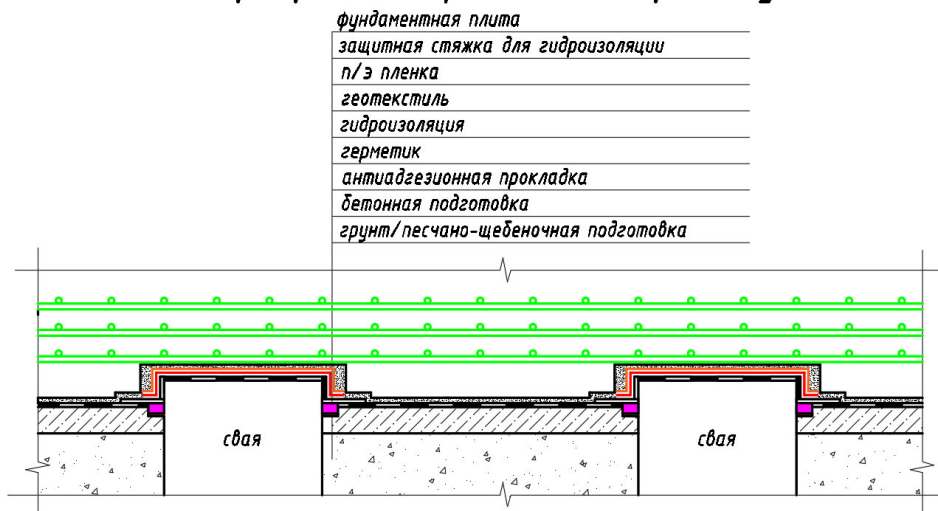
3.3. Шарнирное и жесткое сопряжение свай с фундаментом

П. 8.8 СП 24. Регламентирует в каких случаях принимается жесткое и шарнирное сопряжение.

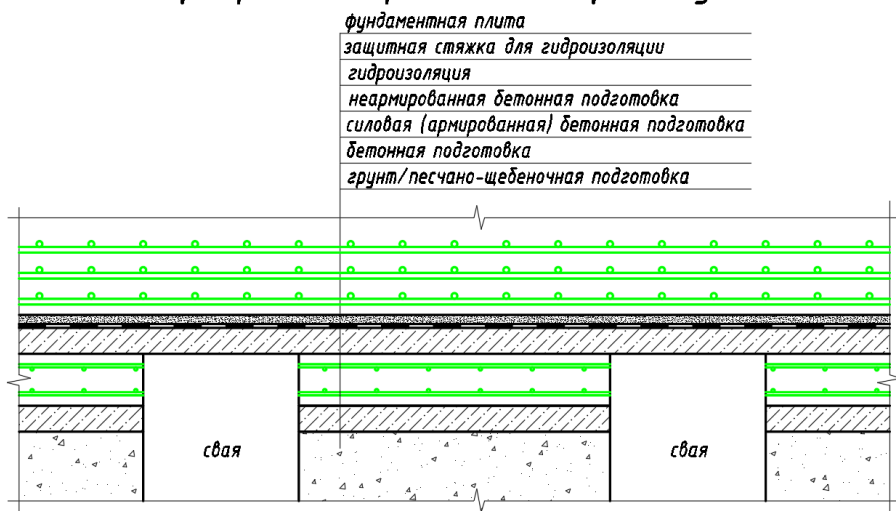
Справочная таблица 30. Случаи шарнирного и жесткого сопряжения свай с фундаментом.

Шарнирное опирание	Жесткое опирание
Условия применения	
<p>С конструктивной точки зрения это более простое решение в основном с учетом простоты гидроизоляции. Всегда предпочтение отдают именно этому варианту, если не требуется жесткая заделка по конкретным условиям.</p>	<p>А) стволы свай располагаются в слабых грунтах (рыхлых песках, глинистых грунтах текучей консистенции, илах, торфах и т.п.);</p> <p>б) в месте сопряжения сжимающая нагрузка, передаваемая на сваю, приложена к ней с эксцентриситетом, выходящим за пределы ее ядра сечения</p> <p><i>От автора: требование очень неоднозначно – в расчетном плане считается что свая опирается центрально, в действительности такого нет ни в одной свае, потому как нет центрирующих элементов. Для рассматриваемых в справочнике зданий данное требование игнорируется;</i></p> <p>в) на сваю действуют горизонтальные нагрузки, значения перемещений от которых при свободном опирании оказываются более предельных для проектируемого сооружения</p> <p>г) в фундаменте имеются наклонные или вертикальные составные сваи;</p> <p>д) сваи работают на выдерживающие нагрузки.</p>
Конструктивное исполнение	
<p>Вариант №1 Заделка головы сваи в ростверк на величину 5–10 см.</p> <p>Вариант №2 Создание двойного ростверка и заделка головы свай в нижний ростверк.</p>	<p>Вариант №1 Заделка головы сваи в ростверк (фундаментную плиту)</p> <p><i>От автора: используется крайне редко, поскольку сплошное тело сваи мешает арматуре ростверка.</i></p> <p>Вариант №2 Заделка арматуры сваи в ростверк (фундаментную плиту) на глубину анкеровки.</p>
Гидроизоляция	
<p>Вариант №1 Сплошная обклейка головы свай. Довольно сложный узел гидроизоляции, много стыков.</p> <p>Вариант №2 Гидроизоляция клеится сплошным ковром на растверк, в который заделываются сваи (на нижний ростверк).</p> <p>Вариант №3 Устройство «белой ванны» без гидроизоляции. Использование только гидрошпонок и набухающих шнуров.</p>	<p>Вариант №1 Сплошная обклейка головы сваи. Довольно сложный узел гидроизоляции, много стыков.</p> <p>Вариант №2 Частичная обклейка головы сваи. Без обклейки головы сваи. Довольно сложный узел гидроизоляции, много стыков.</p> <p>Вариант №2</p>

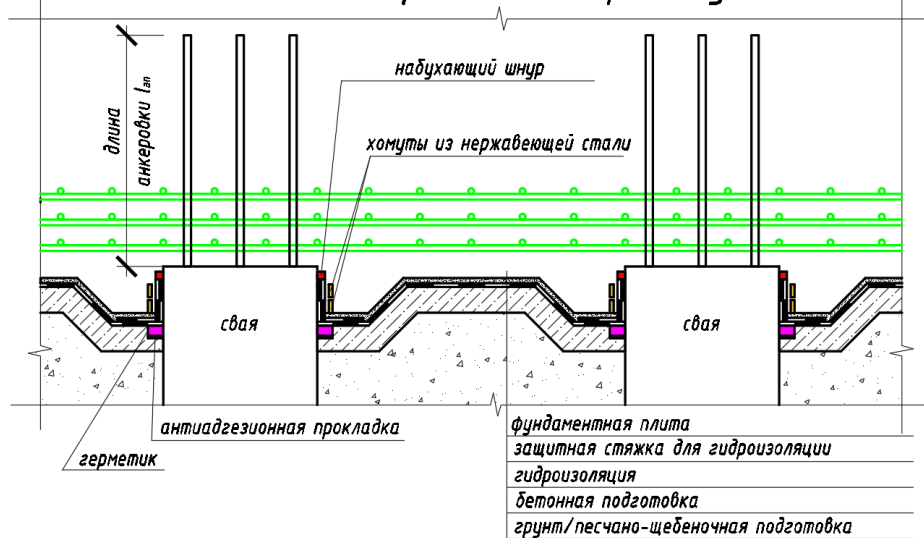
Шарнирное опирание по варианту №1.



Шарнирное опирание по варианту №2.



Жесткое опирание по варианту №2.



3.4. Расстояние между сваями

Расстояние между сваями, нужно дополнительно увязывать с расстоянием между испытываемыми сваями (см. п. 4.3).

Справочная таблица 31. Минимальные и классические шаги свай.

Вид свай	Минимальное расстояние (п. 8.13 СП 24).	Классический шаг
Висячие забивных и вдавливаемые сваи	Между осями свай должно быть не менее $3d$.	3 ... 6 d
Сваи стойки	Между осями свай должно быть не менее $1,5d$.	3 ... 6 d
Буровые, набивные, сваи-оболочки	В свету между стволами должно быть не менее 1м.	2 ... 6 d
Буросекущиеся (одна с арматурным каркасом, другая без)	Не регламентируется.	0,7 ... 0,9 d
Бурокасательные сваи	Не регламентируется.	1 d
Буроинъекционные сваи	Между осями свай должно быть не менее $3d$.	3 ... 6 d
Винтовые сваи	Между уширениями или лопастями при устройстве их в твердых и полутвердых глинистых грунтах не менее 0,5 м, в других дисперсных грунтах не менее 1,0 м.	3 ... 6 d
d - диаметр круглого или сторона квадратного, или большая сторона прямоугольного поперечного сечения ствола сваи		

3.5. Назначение испытываемых свай и расстояние между испытываемыми сваями

В соответствии с п. 7.3.1 СП 24 Несущая способность свай в полевых условиях может быть определена следующими методами:

- статическими (ГОСТ 5686) – **наиболее частый метод испытания**
- динамическими (ГОСТ 5686)
- испытаниями эталонной сваей (ГОСТ 5686)
- испытаниями грунтов статическим зондированием. (ГОСТ 19912)

Количество испытаний свай определяется проектом в зависимости от сложности **грунтовых условий, величины нагрузок, передаваемых на основание и числа типоразмеров свай**. Для определения несущей способности свай по результатам полевых испытаний для каждого объекта строительства сооружений класса КС-3 и КС-2 рекомендуется проводить:

- **статические испытания** свай и свай-штампов – до 1% общего числа свай на объекте, но не менее **трех** для сооружений класса **КС-2** и **четырёх** – для сооружений класса **КС-3**;
- **динамические испытания** свай – **до 2%** общего числа свай на объекте, но не менее **шести** для сооружений класса **КС-2** и **девяти** – для сооружений класса **КС-3**;
- **испытания грунтов статическим зондированием** – в соответствии с СП 446.1325800.

Сваи, которые используются в **статических испытаниях** в большинстве случаев являются **рабочими**, т.е. после испытаний данные сваи будут использованы в составе фундамента.

Рабочие сваи подразделяются на:

- анкерные;
- испытываемые.

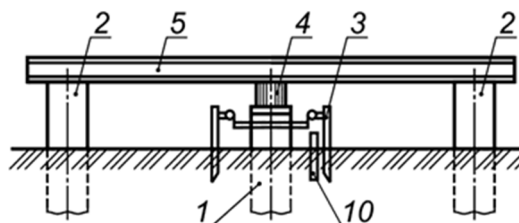


Рисунок Б.1. (а) Установка с гидравлическим домкратом, системой балок и анкерными сваями (приложение Б ГОСТ 5686)

1 – испытываемая свая; 2 – анкерная свая; 3 – реперная система с прогибодомерами; 4 – домкрат с манометром; 5 – система упоров, балок; 10 – термометрическое устройство (при необходимости);

Для испытания свай с небольшой нагрузкой (в основном для сборных железобетонных свай до 300т) могут использоваться сваевдавливающие установки или прямое загрузке нагрузкой. При этом анкерные сваи не требуются.

Справочная таблица 32. Фрагмент таблицы 5.1 ГОСТ 5686 – Требуемые минимальные расстояния **в свету** между испытуемой натурной свайей и анкерной свайей или до ближайшей опоры грузовой платформы и/или опоры сваевдавливающей машины, а также до опор реперной установки при проведении испытаний грунтов сваями статическими вдавливающими нагрузками.

Наименование испытаний	Для забивных железобетонных свай квадратного сечения	Для круглых буронабивных сплошных, забивных железобетонных и металлических трубчатых свай	Требуемые минимальные расстояния в свету между испытуемой натурной свайей и анкерной свайей или до ближайшей опоры грузовой платформы и/или опоры сваевдавливающей машины, а также до опор реперной установки в свету
При проведении инженерных изысканий	30×30	-	1,35 м
	35×35, 40×40	-	1,8 м
	20×20	-	1,0 м
	-	Диаметром d до 800 мм	$3d$, но не менее 2 м
	-	Диаметром d более 800 м до 1,5 м	$2d$, но не менее 2 м
При проведении контрольных испытаний	20×20 см	-	1 м
	30×30 см	-	1,5 м
	35×35, 40×40 см	-	1,5 м
	-	Диаметром d до 800 мм	$3d$, но не менее 1,5 м
	-	Диаметром d более 800 м до 1,5 м	$2d$
	-	Диаметром более 1,5 м	От автора: ГОСТ предлагает определять расчетом расстояние при котором влияние на испытуемые сваи отсутствует. Р.э.а. $2d$, но не менее 4м

3.6. Алгоритм расчета в программе.

Шаг 1. Определение типа свай, длины, несущей способности и примерного количества

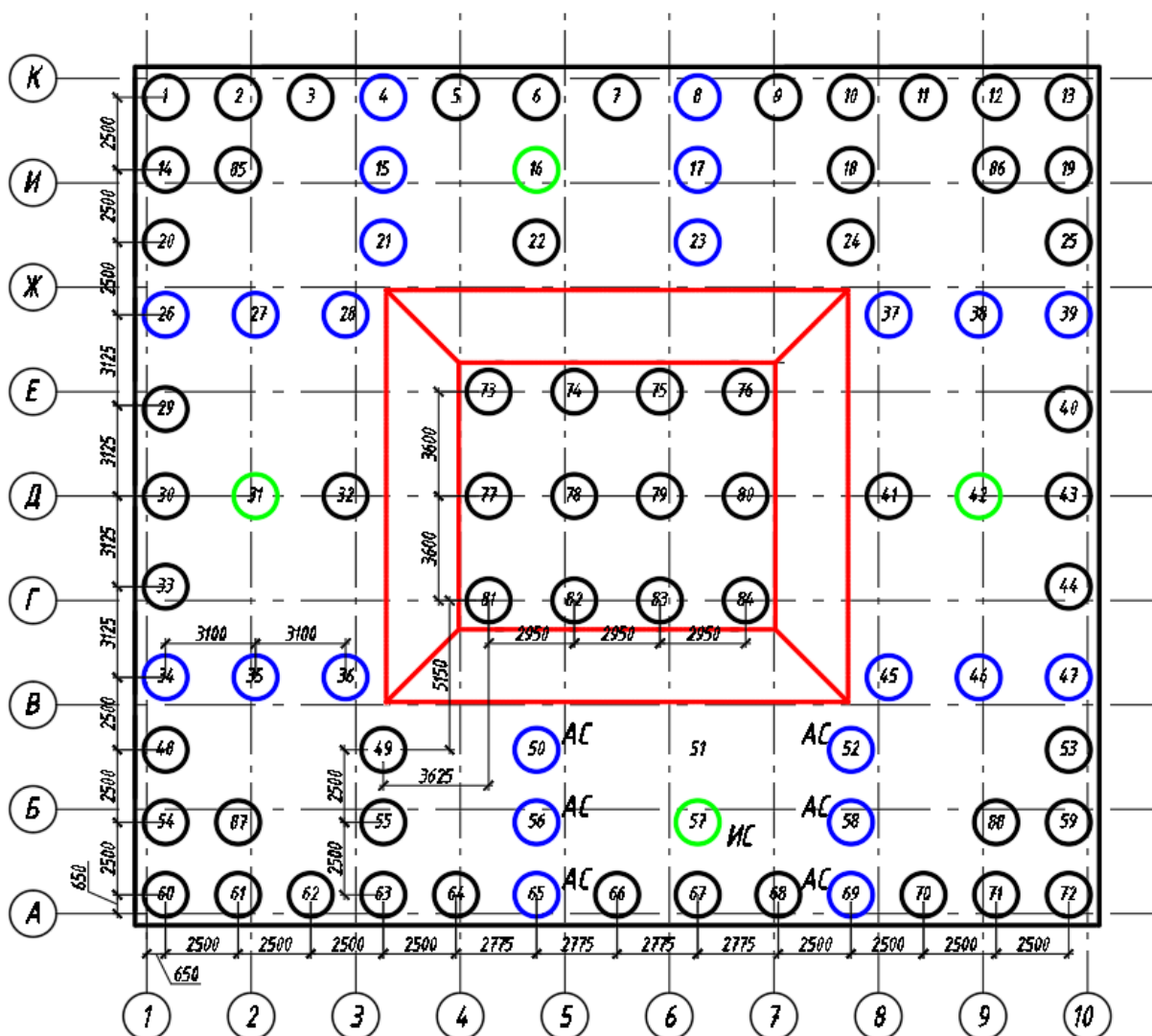
В приложении Б приведено подробное описание по используемым сваям, а в приложении В показана возможность использования свай-стоек.

Шаг 2. Создание расстановки свай на 1 итерации. Определение мест испытываемых свай.

При расстановке свай необходимо соблюдать минимально допустимые расстояния между сваями. Также нужно учесть, что необходимо расставить испытываемые и анкерные сваи, которые будут работать в составе фундамента.

Для рядовых буронабивных свай в свету между стволами должно быть не менее 1м.

Удаление для анкерных свай от испытываемых при диаметре до 1,3м должно быть не менее 2м и $2d=2 \times 1,3=2,6$ м.




АС – анкерная свая, ИС – испытываемая свая.


При расстановке свай важно предусмотреть возможность дополнительного размещения свай в случае дефицита несущей способности. В примере это реализовано расстановкой через 1-2 сваи.

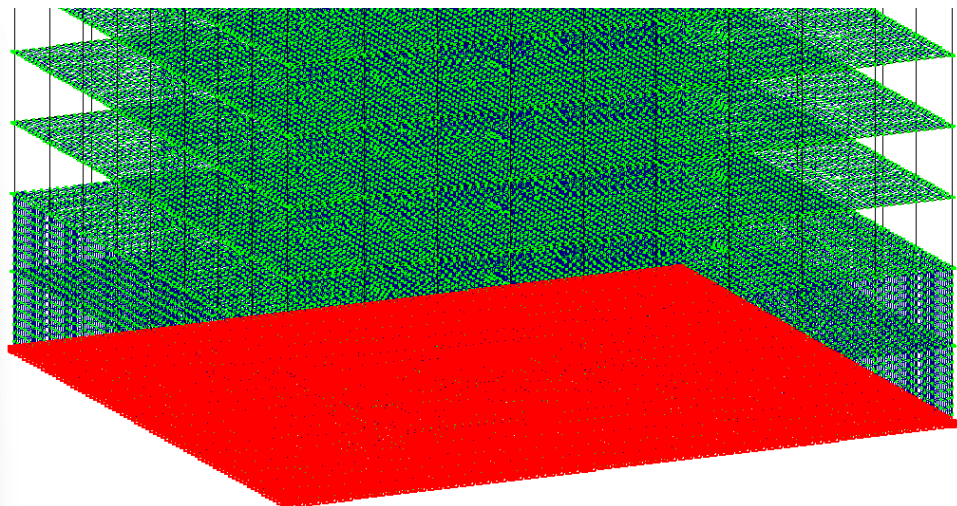
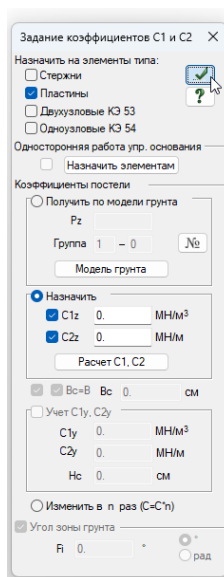
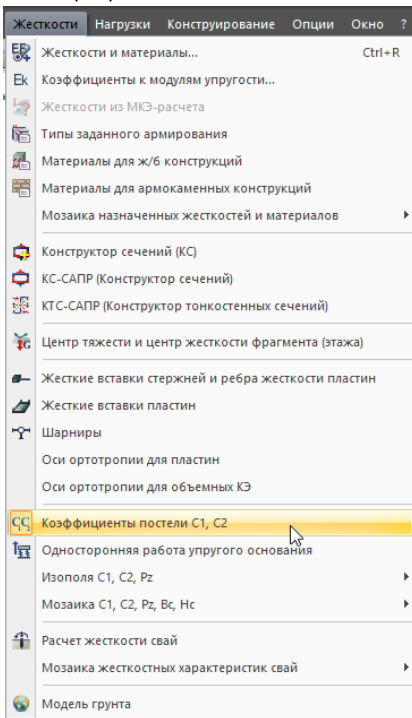
Также желательно шаг свай подбирать таким образом, чтобы можно было произвести замену на больший диаметр, без переделки всего свайного поля. В данном случае возможен переход на сваи диаметром 1,5м.

Шаг 3. Удаление коэффициентов постели и КЭ 56 (выполняется, если ранее рассчитывался фундамент на естественном основании)

1. Выделяем элементы фундаментной плиты .


2. Во вкладке «Жесткости» переходим в «Коэффициенты постели C1, C2».

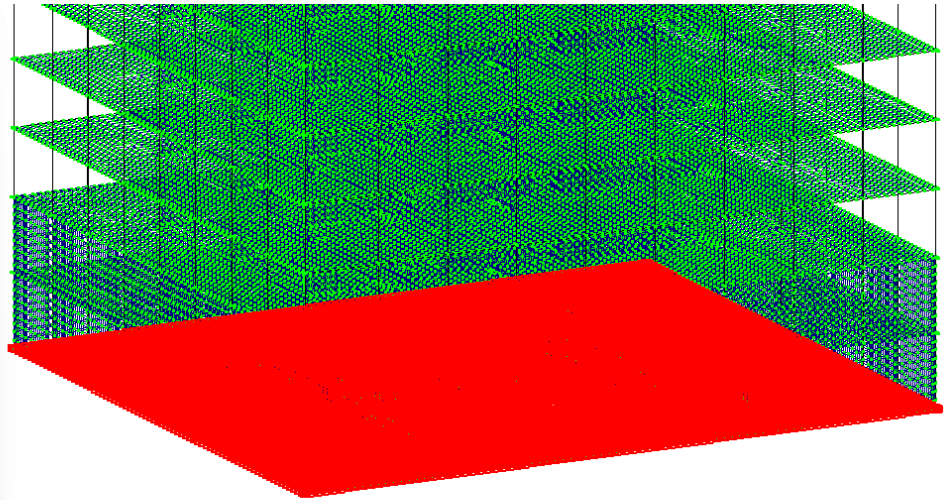
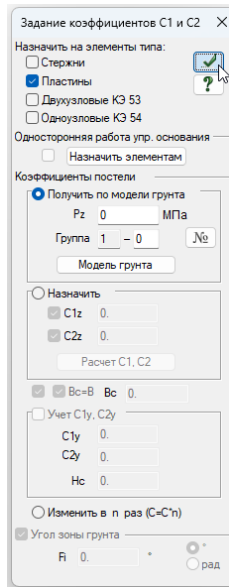
3. В графах назначить C1z и C2z прописываем «0» и нажимаем применить .




4. Повторно выделяем элементы фундаментной плиты .

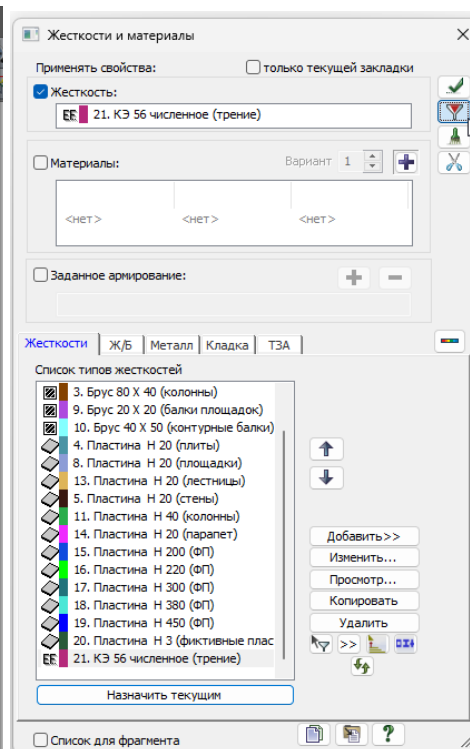
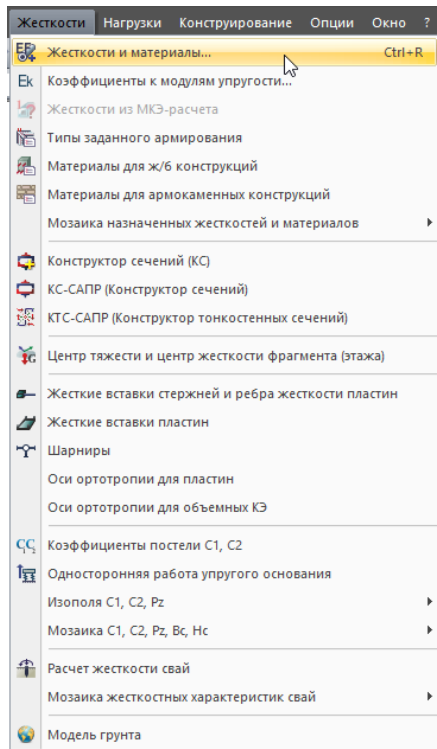
5. Во вкладке «Жесткости» переходим в «Коэффициенты постели C1, C2».


6. В графе Pz прописываем «0» и нажимаем применить .

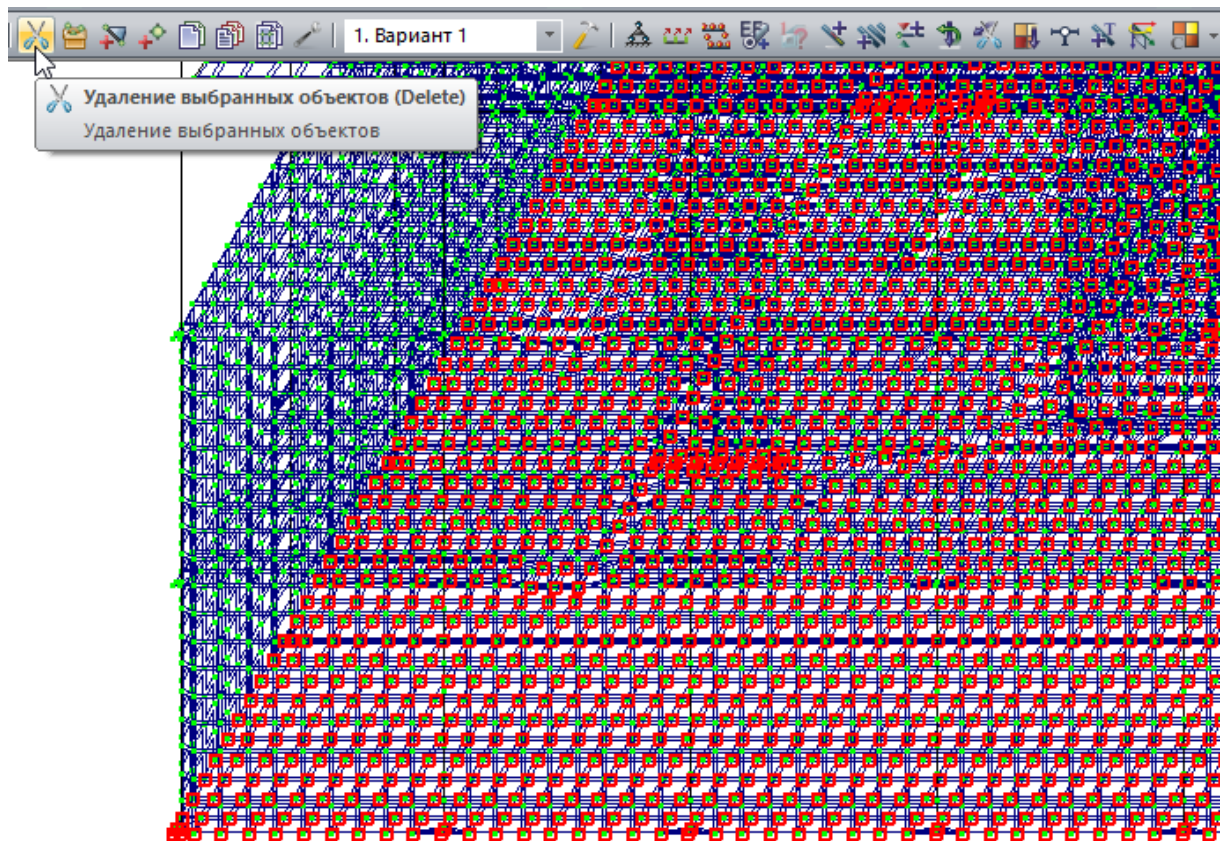


7. Во вкладке «Жесткости» переходим в «Жесткости и материалы».



8. Выбираем из списка жесткость КЭ 56 (трение) двойным щелчком ЛКМ и нажимаем на фильтр .




9. Должны выделиться красным КЭ 56. Нажимаем на ножницы  для их удаления.

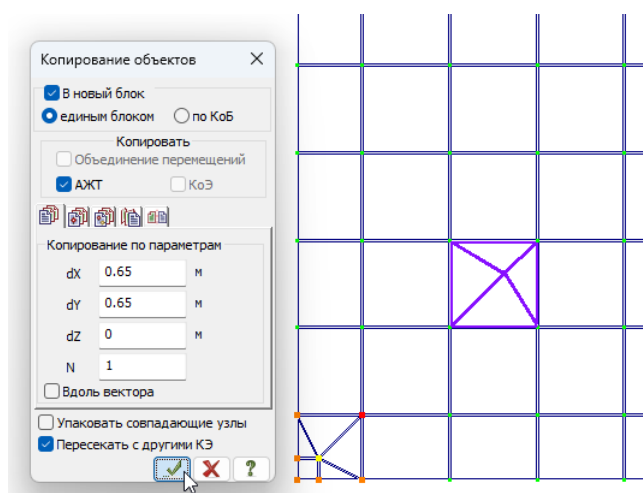



Шаг 4. Добавление КЭ свай


Для удобства создания нужно фрагментировать ростверк (фундаментную плиту). Для этого ее нужно выделить  и нажать на Фрагментацию .

1. Создаем ключевой узел для сваи.

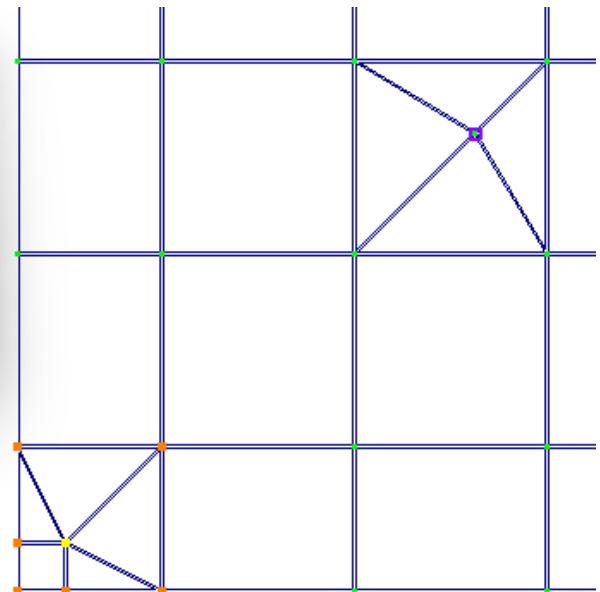
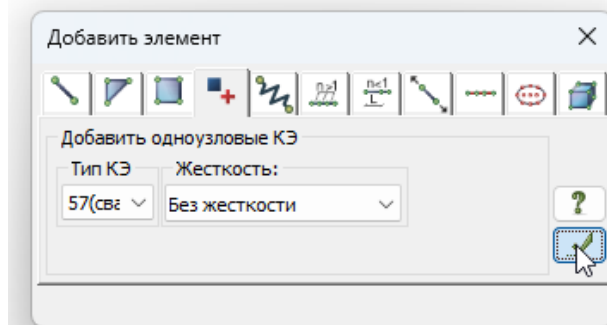
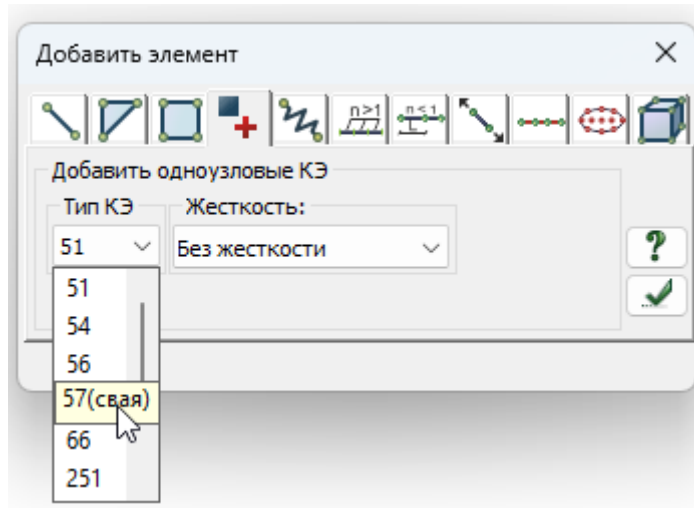
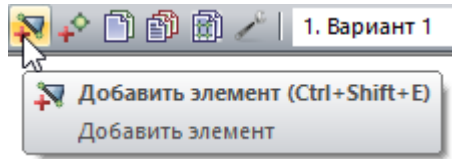
Для этого копируем  существующий узел на нужное расстояние. При копировании важно поставить галочку «пересекать с другими КЭ».



2. Выделяем созданный узел .

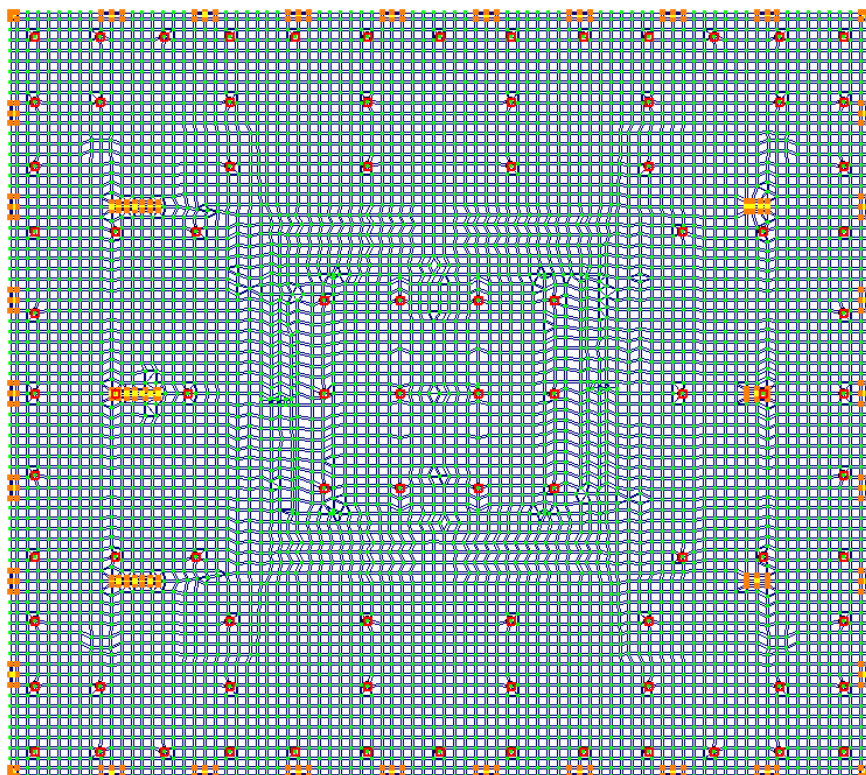
3. Добавляем в полученный узел одноузловой элемент через добавление элемента .

Во вкладке «Добавить одноузловые КЭ» выбираем КЭ №57(свая) и нажимаем применить.



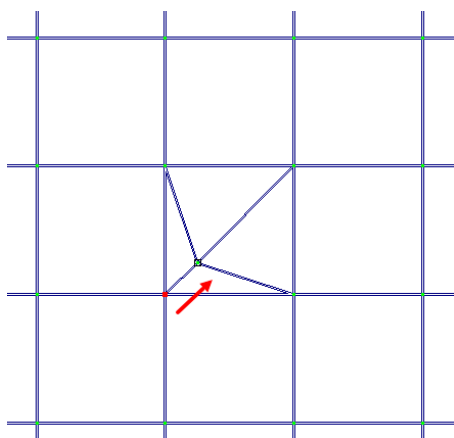
По аналогии создаем узлы для остальных свай и добавляем в них КЭ №57.

Результат создания элементов свай.




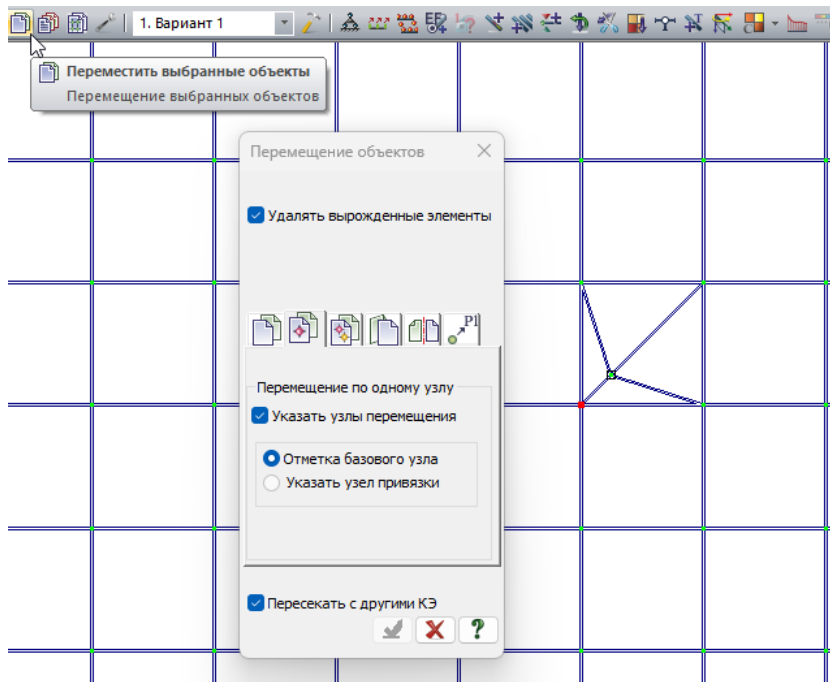
Шаг 5. Устранение сингулярностей

В местах, где на предыдущем шаге были созданы сваи появились сингулярные треугольные элементы. Их нужно исправить. Для этого нужно перенести узлы.



1. Выделяем узел, который хотим перенести .

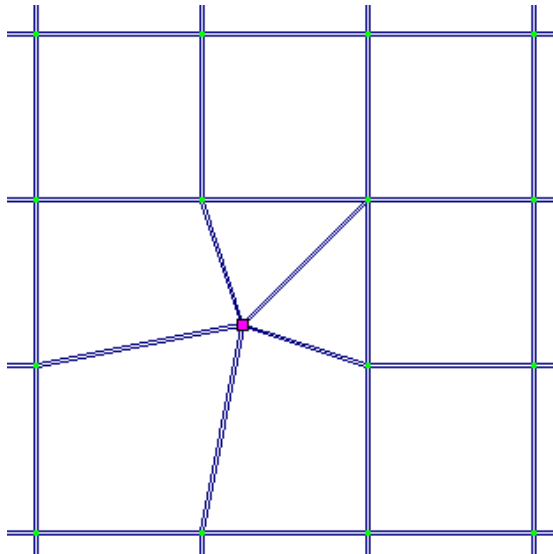
2. В команде «Переместить выбранные объекты»  выбираем перемещение по одному узлу.




3. Проверяем что стоит галочка «Указать узлы перемещения».

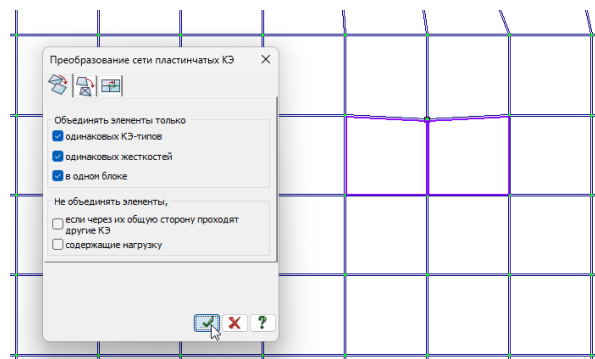
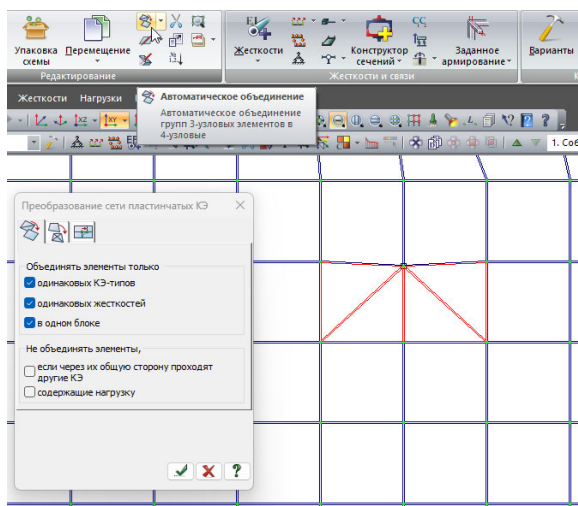
4. ЛКМ(левой кнопкой мыши) нажимаем на выделенный узел и нажимаем еще раз ЛКМ на узел куда хотим сделать перенос(в узел сваи).

5. Результат.

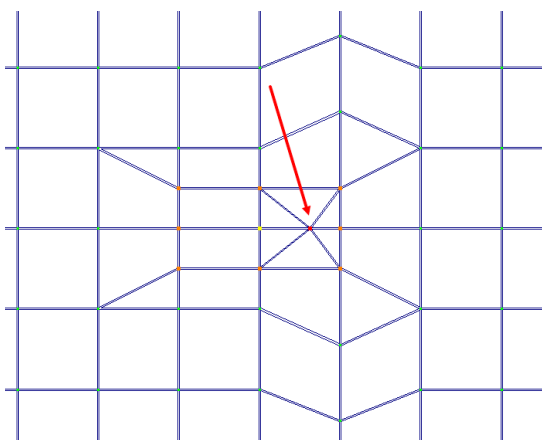



После исправления сингулярностей рекомендовано произвести объединение трехугольных элементов в четырехугольные с помощью команды «Преобразование сети пластинчатых КЭ» .

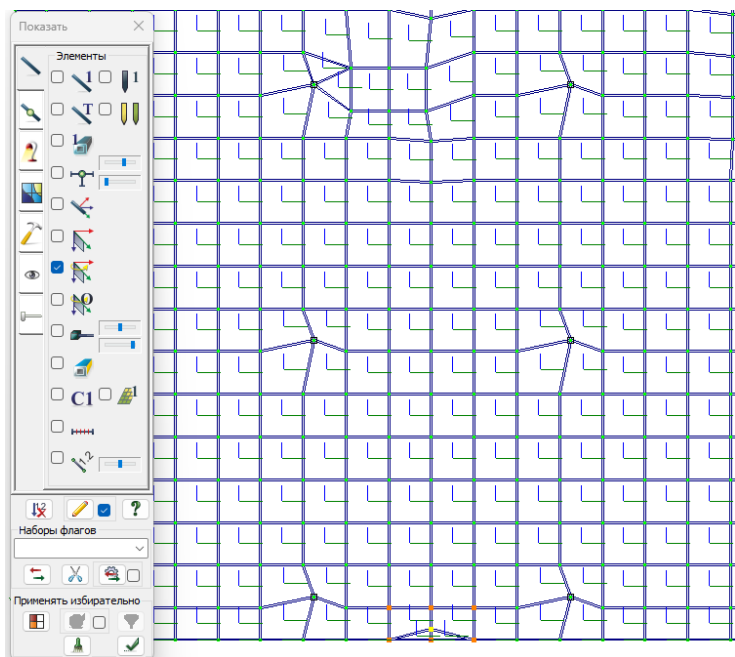
ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.



При попадании узла сваи внутрь АЖТ допустимо не производить перетягивание узлов.

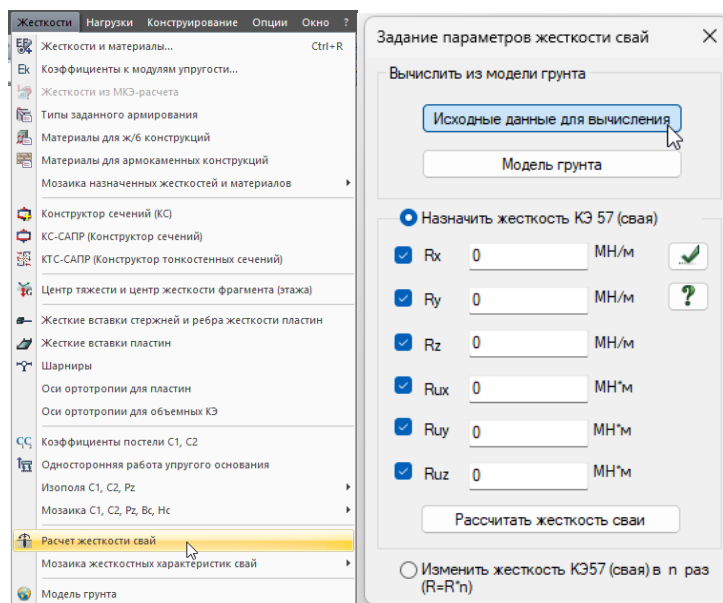


После выполнения подвижек и объединения элементов необходимо проверить направления местных осей  (подробнее см. 2 Часть Справочника).



Шаг 6. Добавление жесткости свай

Во вкладке «Жесткости» нажимаем «Расчет жесткости свай». Нажимаем «исходные данные для вычисления».



Задаются параметры сваи:



$L = 31\text{м}$ – длина сваи;

$E_c = 0,6E_b$ – модуль упругости сваи, кПа

E_b – начальный модуль упругости, определенный по таблице 6.11 СП 63.

0,6 коэффициент по п. 6.2.7 СП 430.

$$E_c = 0,6E_b = 0,6 \times 36000 = 21600 \text{ МПа}$$

Форма поперечного сечения сваи – круг (кольцо), прямоугольник, выбирается с помощью кнопок  или .


D – внешний диаметр сваи;

$$D = 1,3\text{м}$$

b – внутренний диаметр сваи (0 если нет полости);

$$b = 0\text{м}$$

B, H – размеры прямоугольного сечения;

Форма уширения сваи – шар или конус регулируется кнопкой .

db, dh – диаметр и высота уширения; если уширение отсутствует, задается 0;

Y_{cz} – коэффициент условий работы для вычисления горизонтальной жесткости сваи.

При назначении коэффициент Y_{cz} для одиночной сваи согласно СП 24.13330.2011 (версия ПК ЛИРА-САПР 2019 R1.2 и младше) должен быть равен 3.

А согласно СП 24.13330.2011 изм. 2 (начиная с версии ПК ЛИРА-САПР 2019 R2) **должен быть равен 1.**

В примере $Y_{cz} = 1$.

L_v – количество участков разбиения сваи по длине для учета боковых коэффициентов жесткости грунта по глубине. Автор рекомендует разбивать с шагом **0,5-1м**. Т. Для рассматриваемой сваи **31** участок с шагом **1м**.

h_d – глубина от поверхности земли, на которой не учитывается сопротивление грунта по боковой поверхности **при сейсмическом воздействии**. В примере данная глубина равна **0**.

$k = 0,5$ – коэффициент глубины под пятой сваи (п.7.4.3 СП 24. $k = 0,5$ на глубинах от L до $1,5L$ от верха сваи). Найден как $1,5L - L = 0,5L$.

Моделирование сваи.

Способ моделирования:

- 1 – одноузловым КЭ «свая»;
- 2 – цепочкой стержневых КЭ (используется в примере. Позволяет посмотреть изменение усилия по длине сваи).
- X – жесткое сопряжение сваи с ростверком;
- O – шарнирное сопряжение сваи с ростверком (используется в примере. Позволяет создать более простое конструктивное решение в отличие от жесткого).
- y – учитывать взаимное влияние свай (необходимо учитывать практически во всех случаях)
- + – учет неравномерного расположения свай в плане (рекомендовано учитывать, если есть возможность)

Нагрузка на сваю. Рекомендовано на первой итерации задавать 0,3...0,5 от предельного значения, чтобы итерации по расчету жесткости сходились быстрее.

Предельное значение:

$$N \leq \frac{F_d}{\gamma_n \gamma_{c,g}} = \frac{27688}{1,1 \times 1,4} = 17979 \text{ кН}$$

Значение задаваемое в расчет:

$$17979 \times 0,4 \approx 7200 \text{ кН}$$

s – осадка по результатам полевых испытаний (не используется в примере);

Распределение сопротивления грунта по длине сваи:

– по результатам полевых испытаний (не используется в примере);

– теоретически по модели грунта (выбираем параметры нужной сваи в таблице)

Параметры определения теоретической несущей способности свайного основания СП 24.13330.2011/2021

T2R4Yrr3Yrf4 Подтвердить

Идентиф...	Коммента...
T1Yrr1	

Фундамент моста
 Учет сейсмики

T

- Висячие забивные, вдавливаемые всех видов и сваи-оболочки, погружаемые без выемки грунта (забивные сваи трения)
- Висячие набивные, буровые и сваи-оболочки, погружаемые с выемкой грунта и заполняемые бетоном (сваи трения)

R

- Сваи фундаментов под внутренние перегородки одноэтажных производственных зданий
- Плотность песков определена по данным статического зондирования, сваи погружены без подмыва или лидерных скважин
- Заполнение бетоном на высоту не менее трех диаметров полости свай

Буровые сваи:

- сваи по п. 6. 4а* или набивные виброштампованные, устраиваемые в пробитых скважинах путем заполнения скважин жесткой бетонной смесью
- набивная и буровая свая с уширением и без уширения, свая-оболочка, погружаемая с полным удалением грунтового ядра
- свая-оболочка, погружаемая с сохранением грунтового ядра на высоту 0,5 м
- свая-оболочка, погружаемая с частичной выемкой грунта, но с сохранением грунтового ядра высотой не менее трех диаметров оболочки на последнем этапе ее погружения (при условии, что грунтовое ядро образовано из грунта, имеющего те же характеристики, что и грунт под нижним концом сваи-оболочки)

Y_{R,R}

- Сваи с камуфлетными расширениями или буроинъекционные РИТ (разрядно-импульсная технология)
- Сваи с уширениями, бетонированные подводным способом механическое разбуривание грунта, без бурового шлама "
- Другая (ни одна из пп. 1, 2, 4)
- Сваи с уширениями, бетонированные насухо, механическое разбуривание грунта без бурового шлама "

Y_{R,f}

- Набивные, а также сваи, устраиваемые с вытеснением грунта по 6. 4а* при погружении инвентарной трубы с теряемым наконечником или бетонной пробкой
- Набивные виброштампованные

Буровые, в том числе с уширением, бетонированные:

- при отсутствии воды в скважине (сухим способом) и при использовании обсадных инвентарных труб, а также при выполнении их методом непрерывно перемещающегося шнека (НПШ)
- под водой или под глинистым раствором
- жесткими бетонными смесями, укладываемыми с помощью глубинной вибрации (сухим способом)

- Сваи-оболочки, погружаемые вибрированием с выемкой грунта
- Сваи-столбы
- Буроинъекционные, изготавливаемые под защитой обсадных труб или бентонитового раствора с опрессовкой давлением 200-400 кПа (2-4 атм), а также при выполнении их с инъекцией бетонной смеси через колонну проходных полых шнеков
- Буроинъекционная РИТ (разрядно-импульсная технология)

*Сваи по п. 6. 4а — это набивные, устраиваемые путем погружения (забивкой, вдавливанием или завинчиванием) инвентарных труб, нижний конец которых закрыт оставляемым в грунте башмаком (наконечником) или бетонной пробкой, с последующим извлечением этих труб по мере заполнения скважин бетонной смесью, в том числе после устройства уширения из утрамбованной сухой бетонной смеси

Вычисление горизонтальной жесткости сваи. Галочку ставим, поскольку от этого зависит распределение моментов в свае.


Радиус влияния на соседние сваи. Стандартно расстояние **4...6 D(или B)**, где

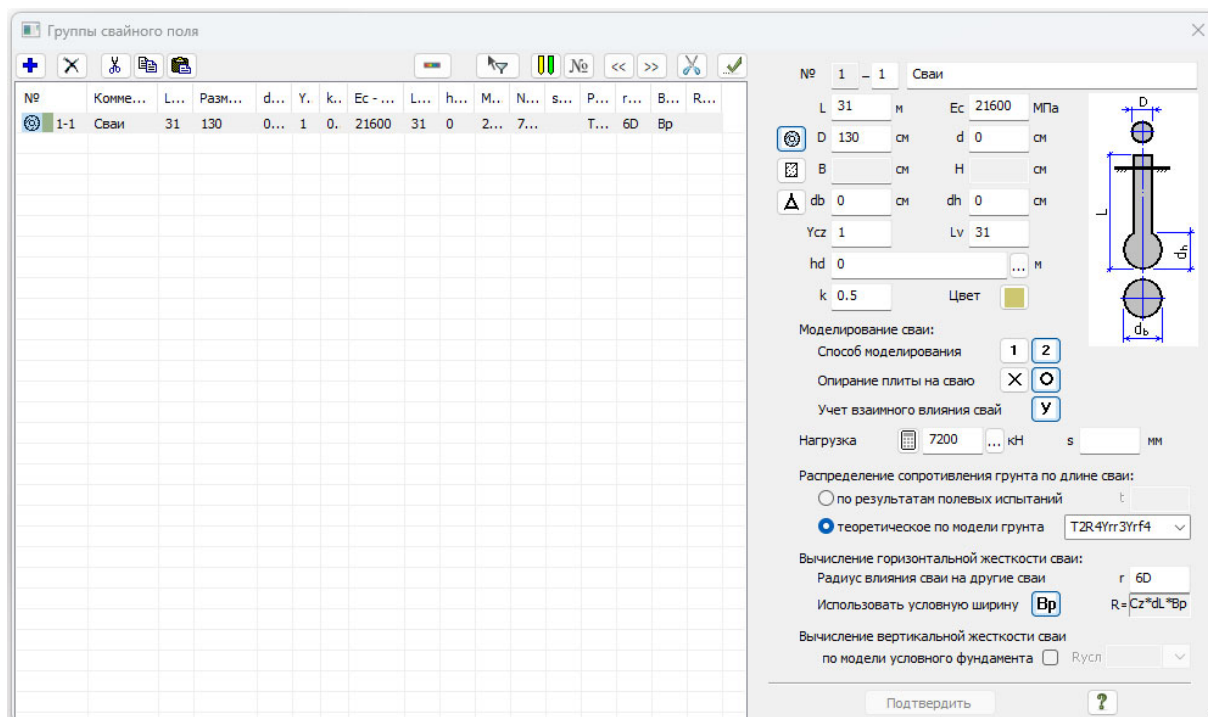
D – диаметр сваи, **B** – ширина сечения сваи.

Использовать условную ширину . В примере используется.



Вычисление вертикальной жесткости сваи по модели условного фундамента. Не используется, поскольку результат получается менее точный.

После задания свойств необходимо нажать , чтобы свойства сваи записались в таблицу.

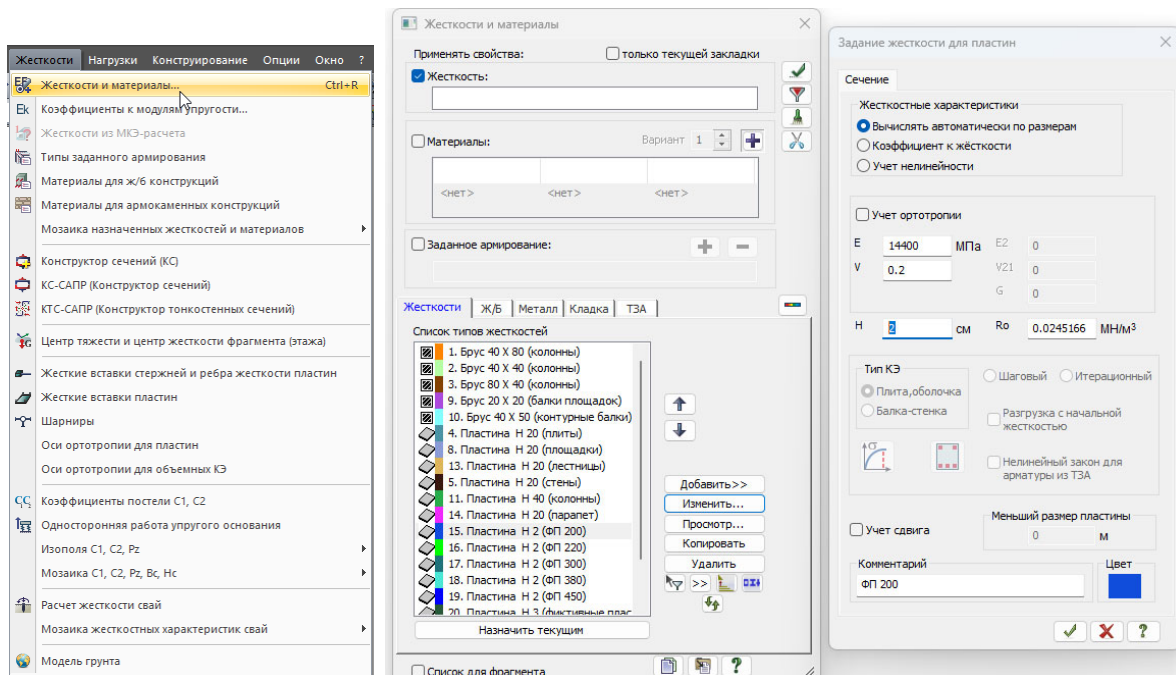




Особенностью присвоения жесткости свай является то, что программа генерирует жесткую вставку по половине толщины фундаментной плиты. В примере уровень центра фундаментной соответствует верху свай, и жесткая вставка не требуется. Чтобы генерация жесткой вставки не производилась необходимо:

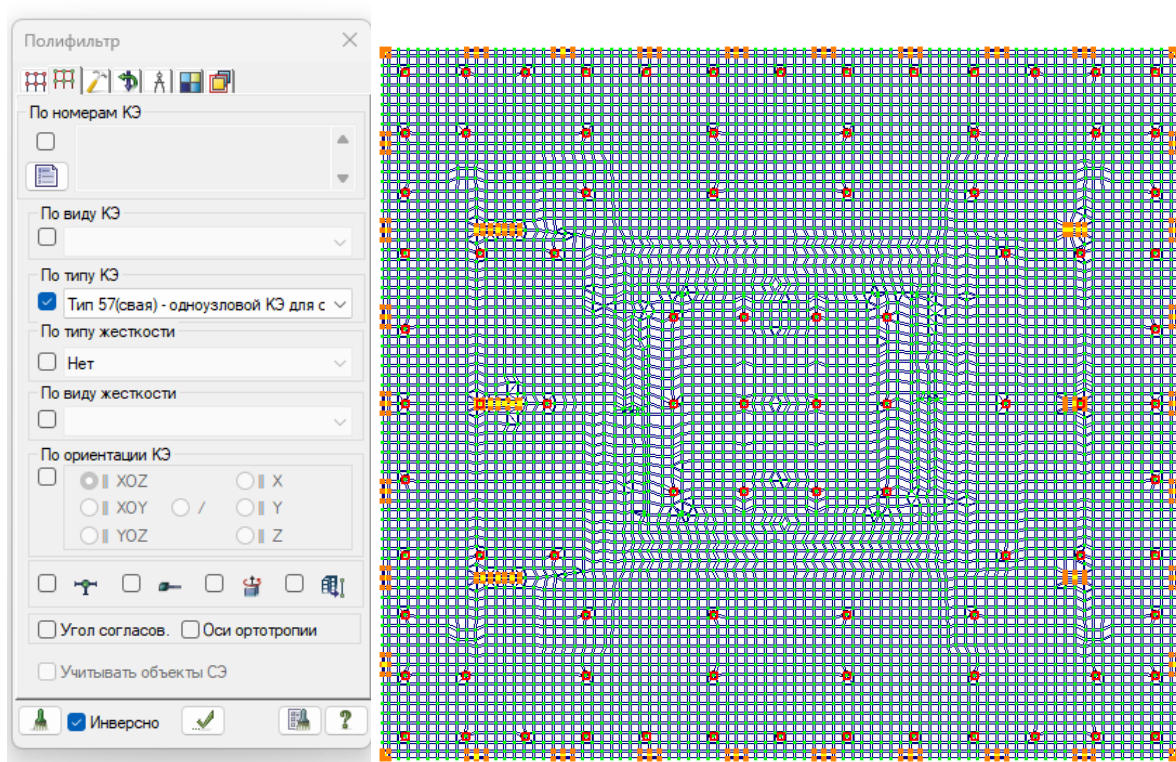
1. Назначить «почти нулевую толщину» фундаментной плите;
2. Назначить жесткость КЭ 57;
3. Назначить обратно правильную жесткость фундаментной плите.


Меняем толщину фундаментной плиты на 2 см в «Жесткостях» .

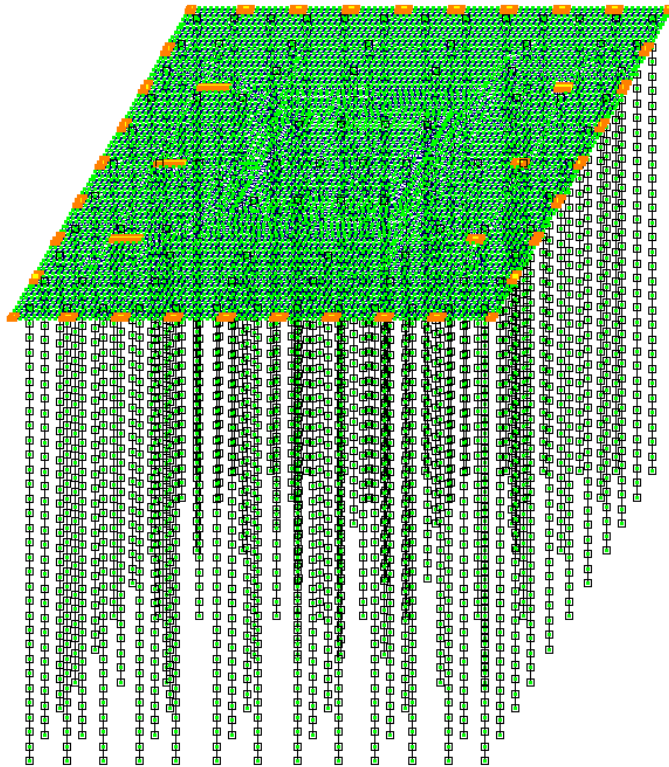
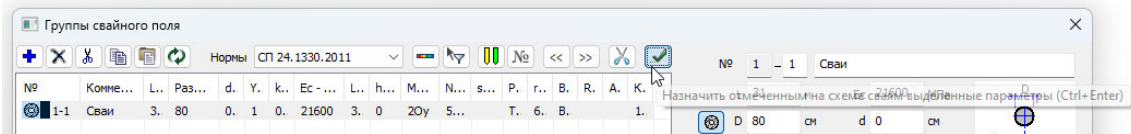
ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.



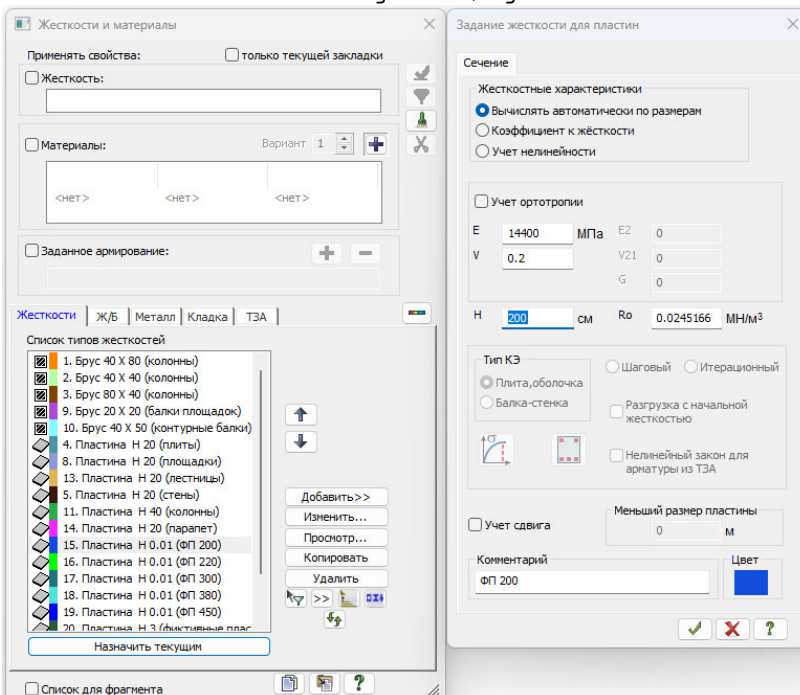
Чтобы назначить жесткость заданным КЭ 57 нужно их отметить  на схеме. Это удобно сделать через фильтр .



Чтобы назначить жесткость нужно в таблице со сваями нажать на применить . Должны появиться элементы свай.



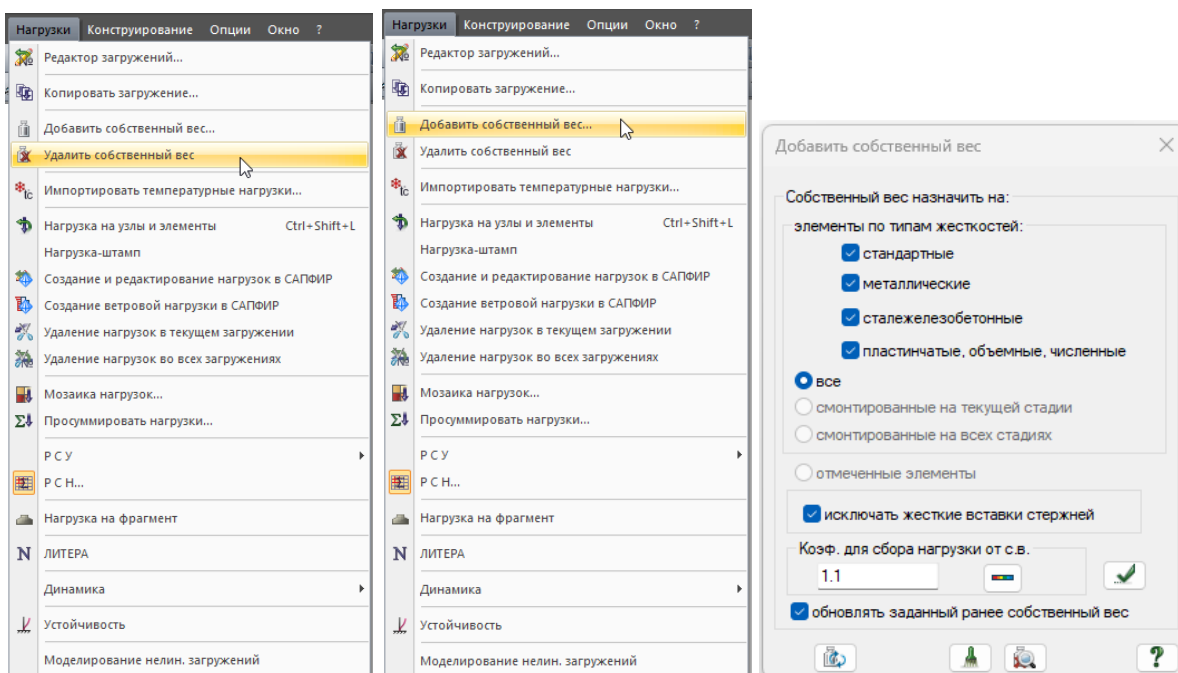
Меняем жесткость на начальную толщину.



Шаг 7. Обновление собственного веса


Поскольку добавились сваи, необходимо обновить собственный вес.

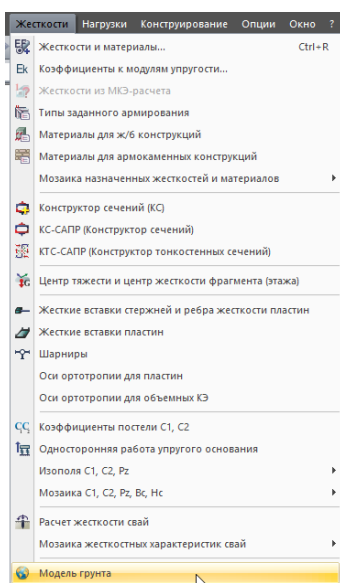
Удаляем старый собственный вес и добавляем новый.

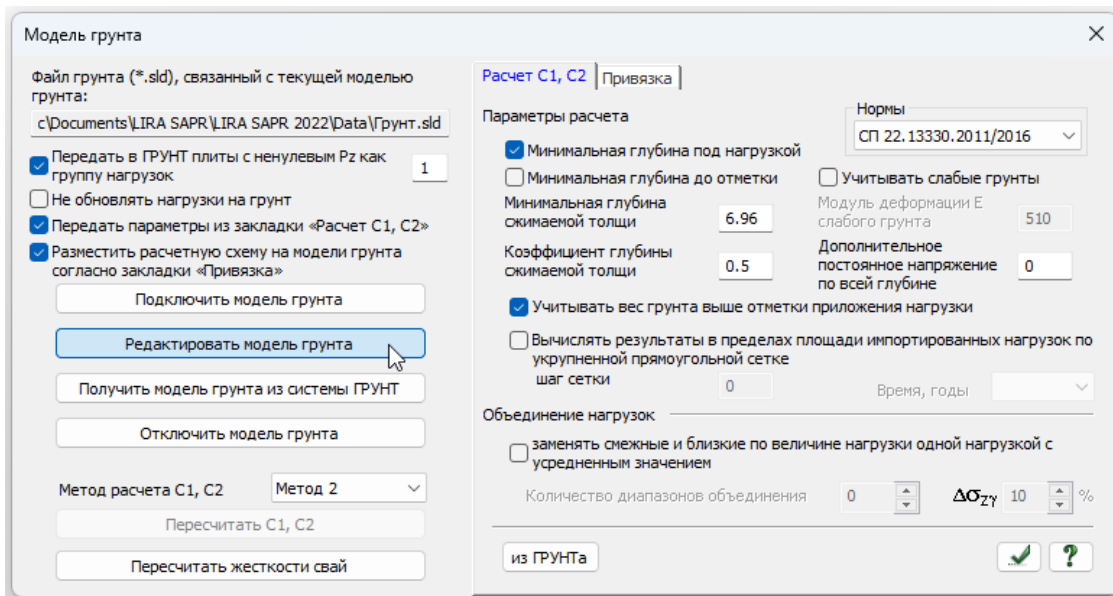


Шаг 8. Проверка грунтовой модели и перерасчет жесткости.

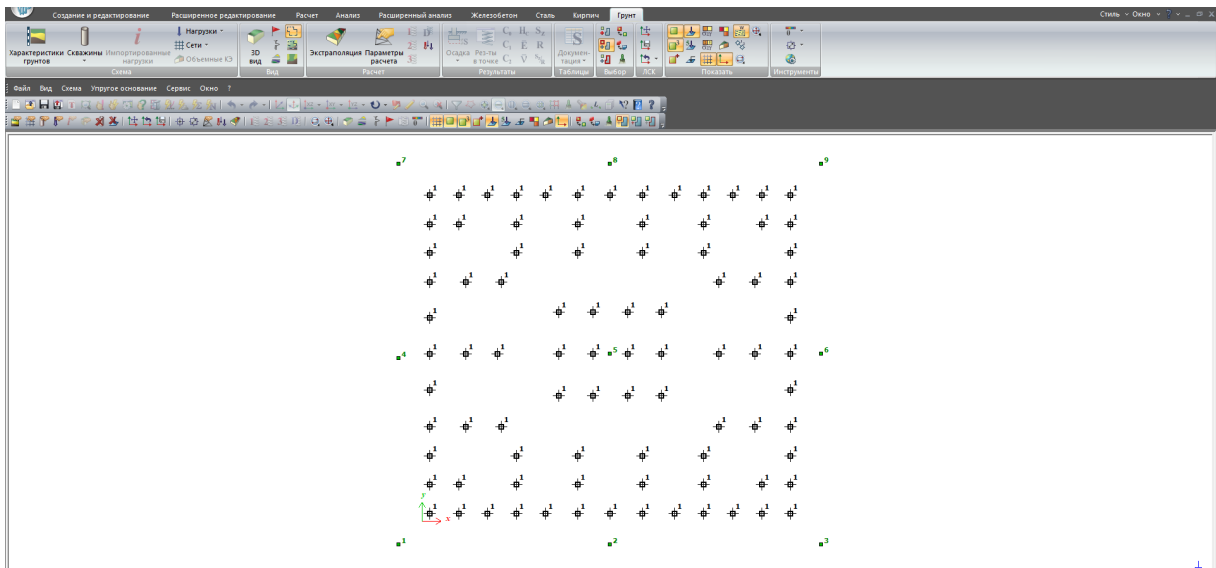
Если грунтовая модель не была создана, то необходимо ее создать (см. раздел по плитному фундаменту).

Необходимо сделать проверку, что в грунтовой модели появились сваи. Для этого необходимо перейти во вкладку «Жесткости» в «Модель грунта» . В открывшейся вкладке нажать «Редактировать модель грунта».

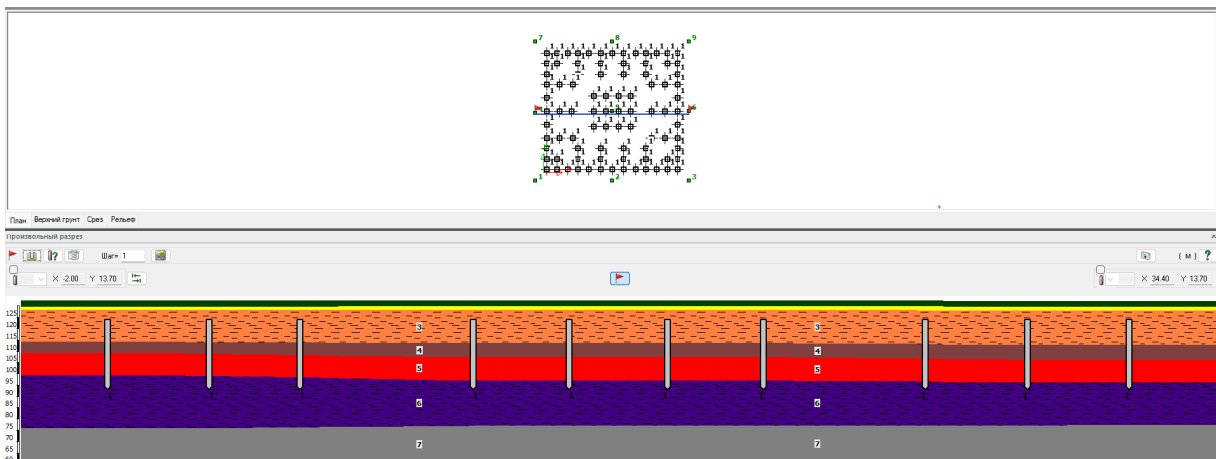




В модели грунта должны появиться сваи:

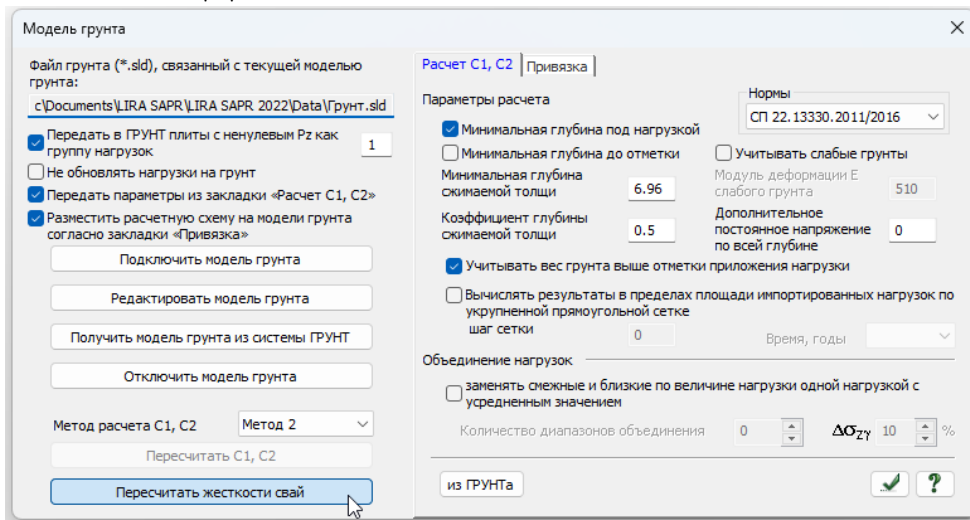



При построении произвольного разреза необходимо проверить, что сваи попали в нужный грунт

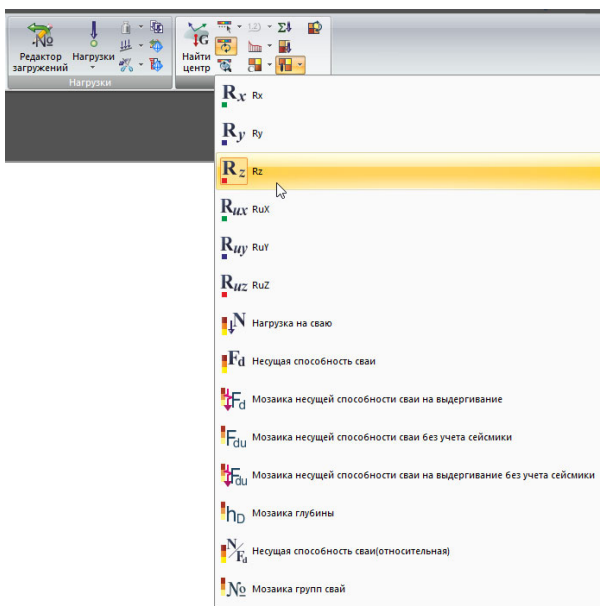


После выполнения проверок правильной посадки здания выходим из модели грунта.

Нажимаем на перерасчет жесткости свай.

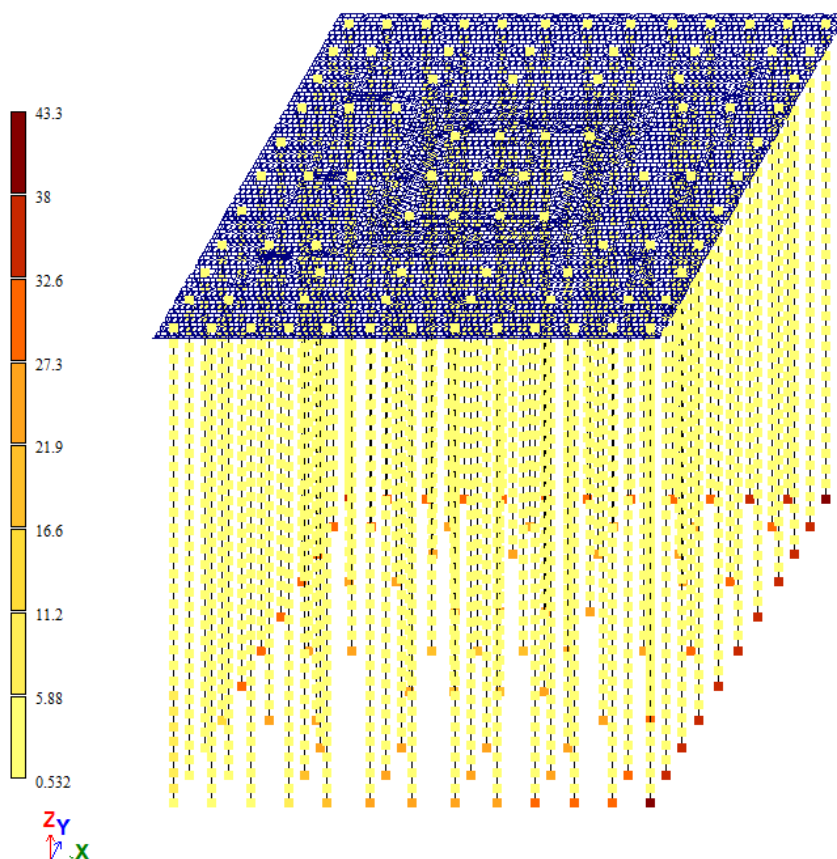


Проверяем, что жесткостные параметры свай пересчитались и назначились на сваи. Для этого переходим в «Мозаику жесткостных характеристик свай» .




Должна появиться жесткость. В случае ее отсутствия сваи окрашены в белый цвет без числовых значений.

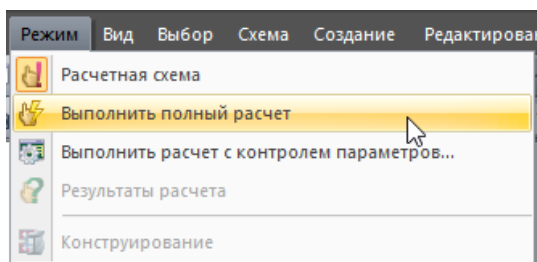
Вертикальные жесткости свай на 1 итерации.



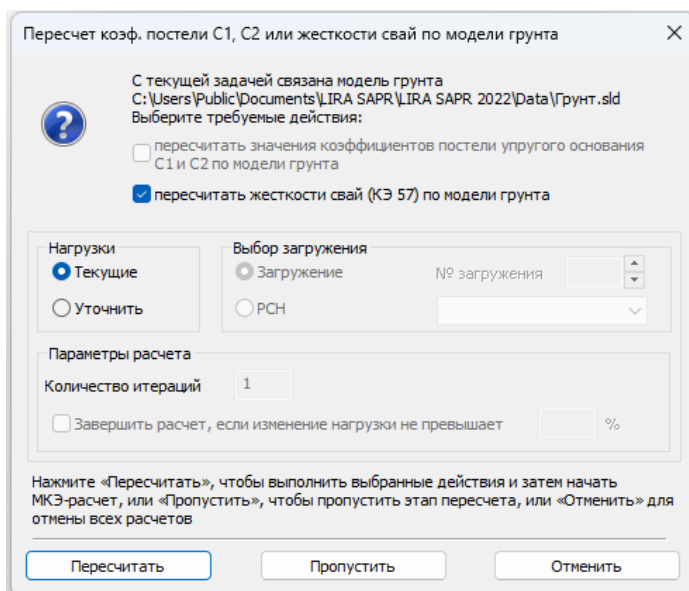
Шаг 9. Расчет жесткости на 2 итерации

Перед выполнением расчета выполняем упаковку схемы .

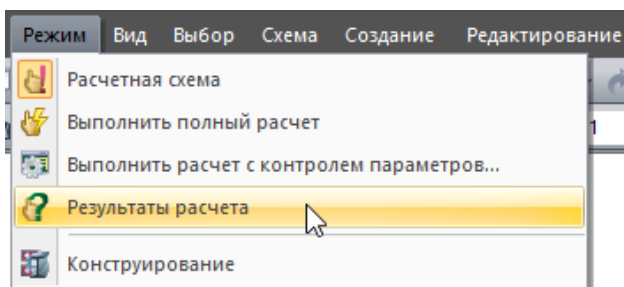
Выполняем полный расчет:



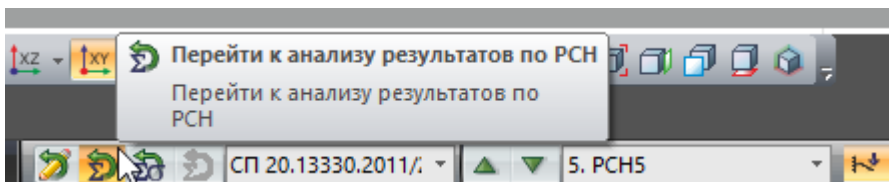
В появившемся окне нажимаем «Пересчитать». Произойдет перерасчет и дальнейший автоматический запуск на расчет.



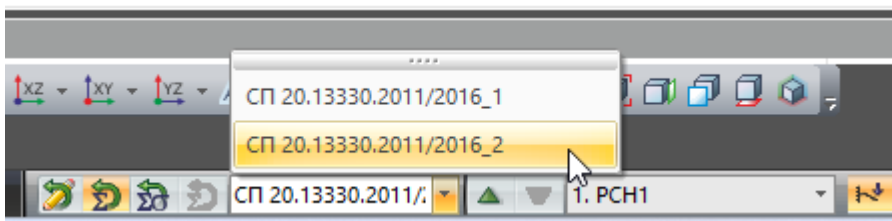
После выполнения расчета для просмотра результатов необходимо перейти в «результаты расчета»

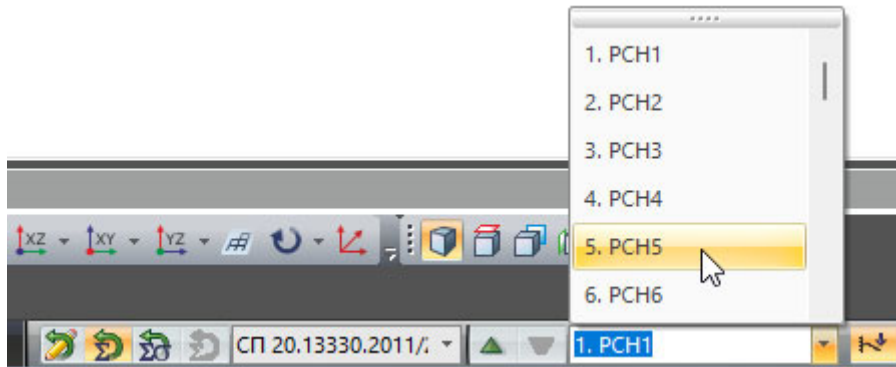


В результатах расчета переходим к анализу результатов по РСН.

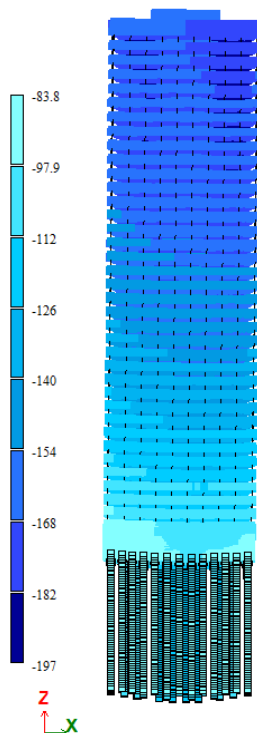
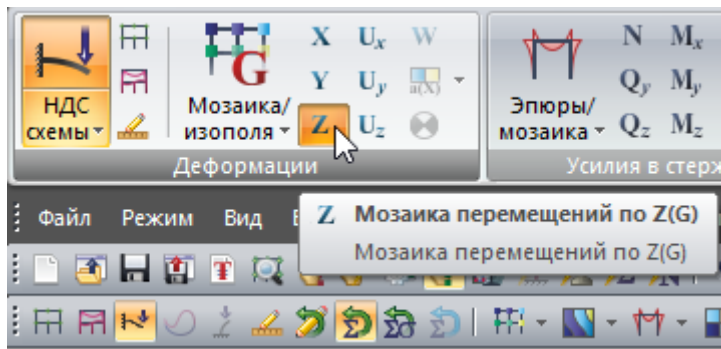


Переходим в результаты Таблицы РСН №2. Выбираем РСН №5



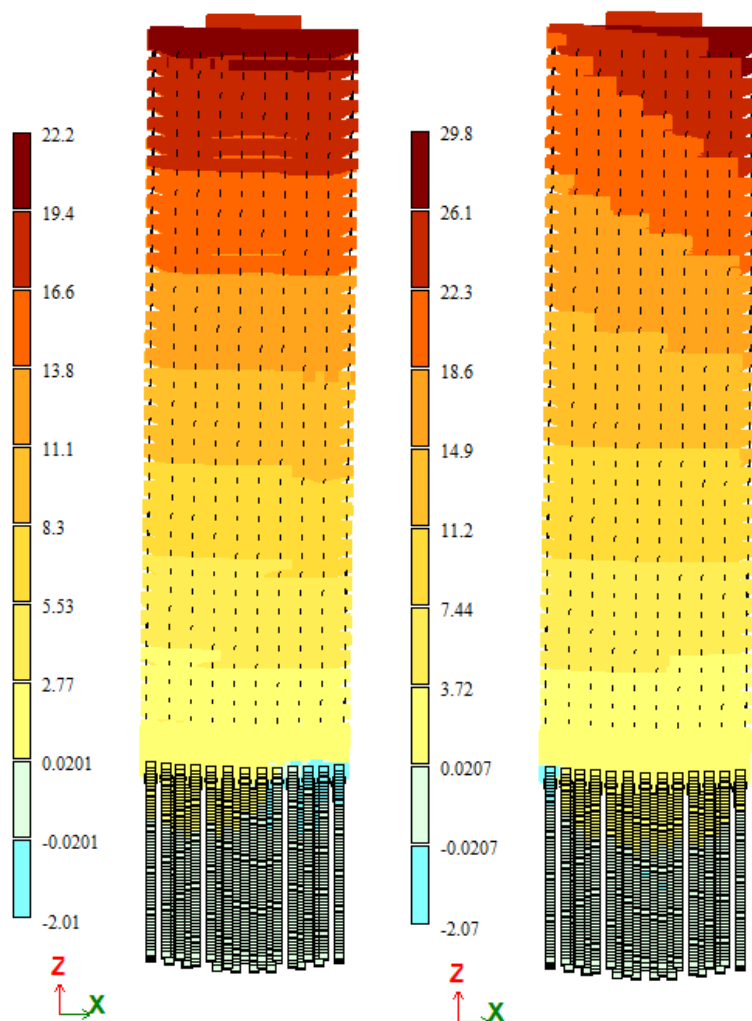


Выбираем мозаику перемещений по Z.



Проверяем вертикальные перемещения по Z. Не должно быть «километровых».

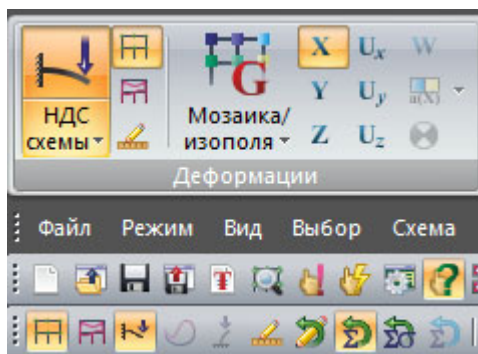
В примере получились перемещения от 83,8 до 197мм.





Также проверяем перемещения по X и по Y. Не должно быть «километровых».

Перемещения по X (22,2 мм максимальное) и по Y (29,8 мм максимальное).

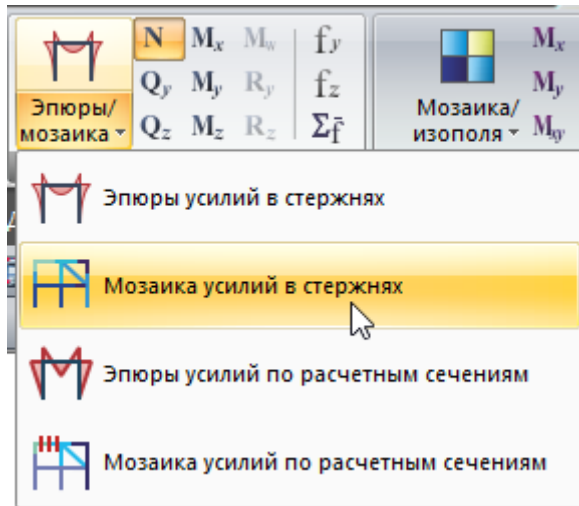
Убираем показ деформированной схемы с помощью кнопки



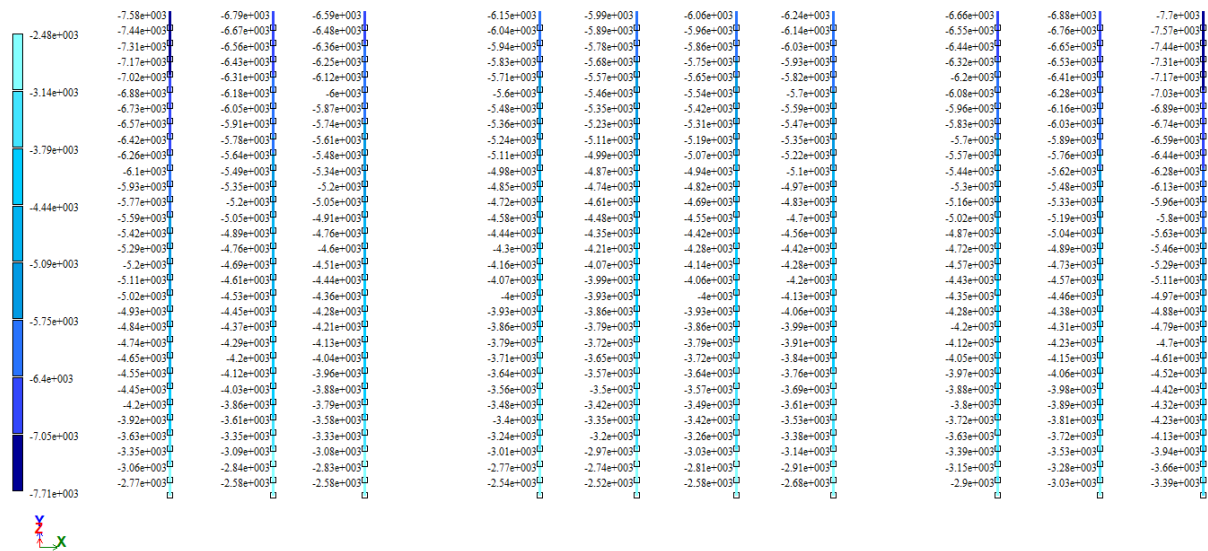
Выделяем сваю и нажимаем фрагментировать

Для просмотра числовых значений во «Флагах рисования»  рисования нужно нажать показ числовых значений .

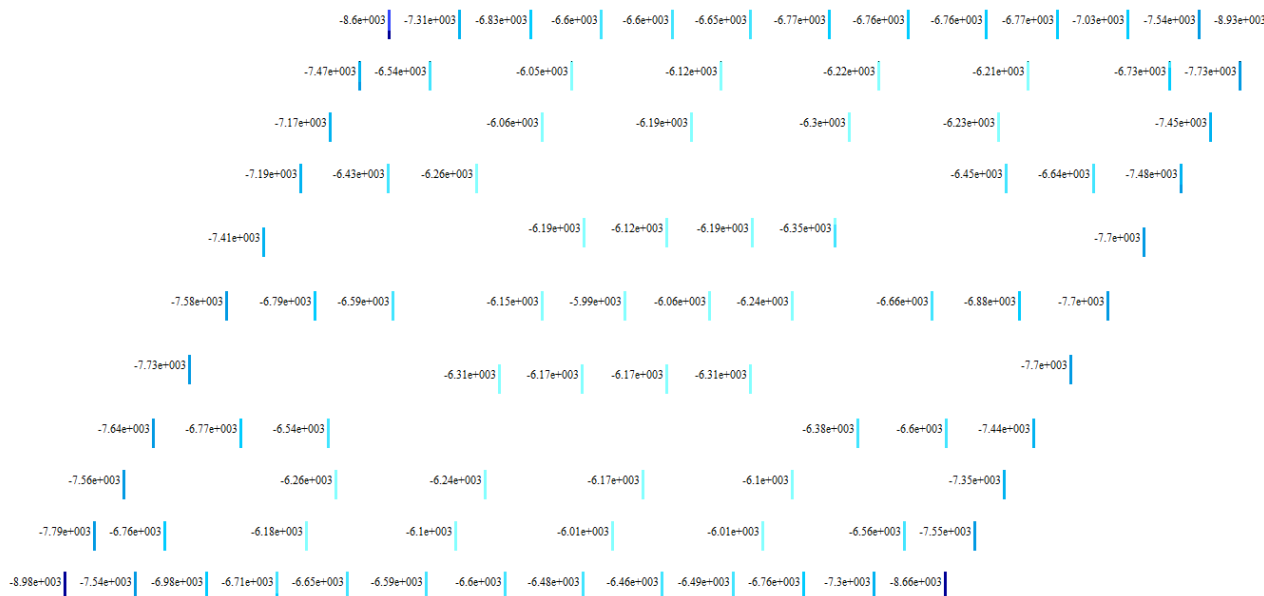
Переходим в нормальные усилия в сваях N. По данным реакциям будем оценивать сходимость реакций в сваях для окончания итерационного процесса.



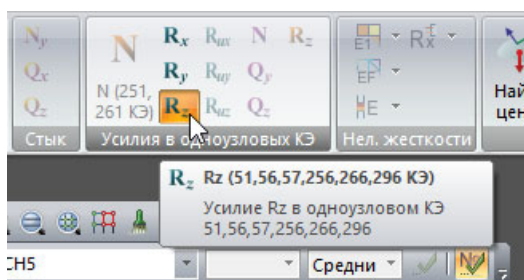
Усилие N(кН) по средним рядам свай (РСН 2.5). Усилия падают за счет сил трения по боковой поверхности.



Усилие N(кН) в верхней части свай (РСН 2.5):

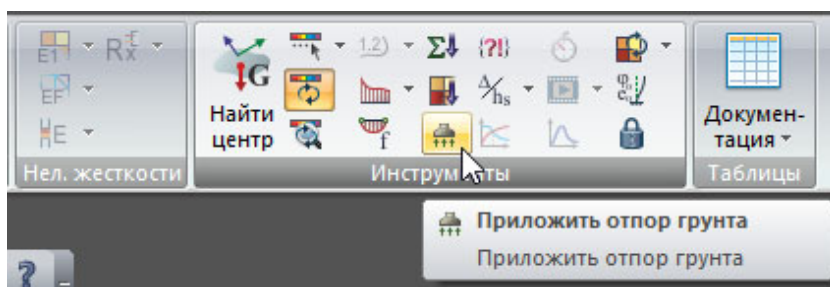


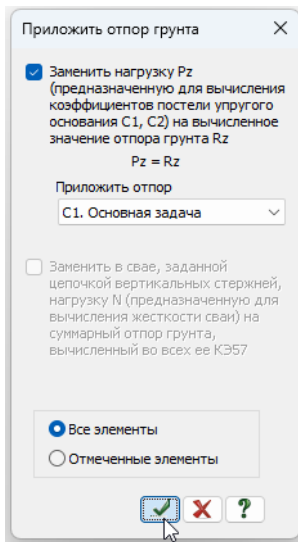
Переходим в реакции в сваях R_z .



Для дальнейшей итерации необходимо заменить начальные нагрузки на свая (задавалось ранее в жесткостях 7200кН) на значение R_z по картинке выше.

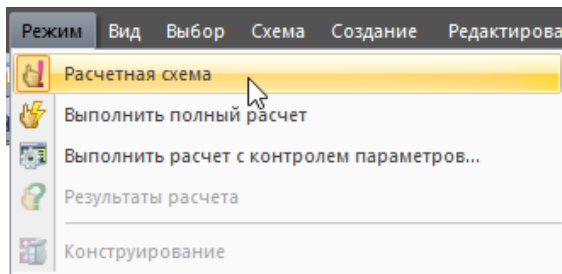
Для этого нажимаем приложить отпор грунта, находясь в РСН 2.5.





Теперь реакция в сваях заменились.

Переходим назад в расчетную схему.

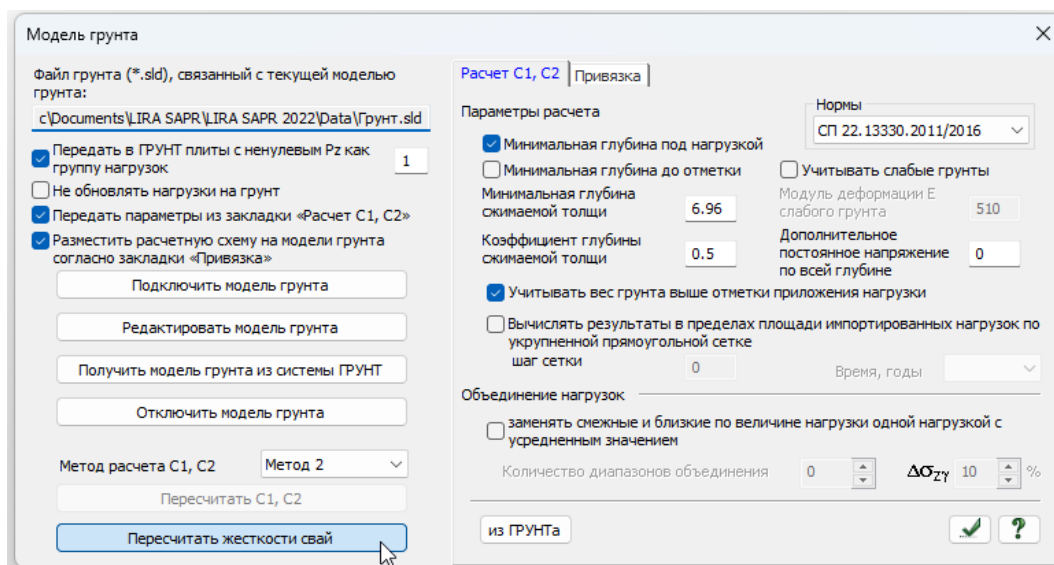




В таблице, где задавались параметры сваи (Во вкладке «Жесткости» нажимаем «Расчет жесткости свай»). Нажимаем «исходные данные для вычисления») можно просмотреть нагрузки переданные на сваи нажав на «...» возле нагрузки.

№ КЭ57	N, кН	M (My), Н (Qz), М (Mz), Н (Qy),	Комментарий	hd (My),	hd (Mz)
1	359465	7527.25			
2	359528	7241.93			
3	359591	7162.01			
4	359654	9414.52			
5	359717	9118.49			
6	359780	9279.94			
7	359843	8995.14			
8	359906	8749.6			
9	359969	7795.5			
10	360032	9306.42			
11	360095	8399.32			
12	360158	7378.8			
13	360221	7273.47			
14	360284	7554.3			
15	360347	9393.95			
16	360410	7190.02			
17	360473	7976.92			
18	360536	8021.17			
19	360599	9011.08			
20	360662	9041.57			
21	360725	9044.33			
22	360788	7030.41			
23	360851	7229.51			

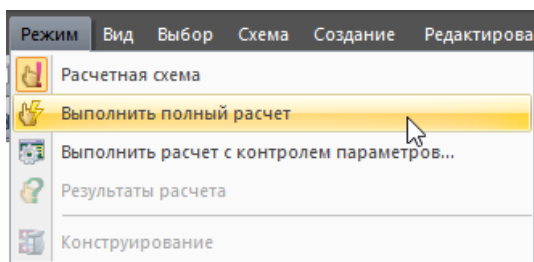
Шаг 10. Расчет жесткости на 3 итерации

Во вкладке «Жесткости» «Модель грунта»  нажимаем на перерасчет жесткости свай



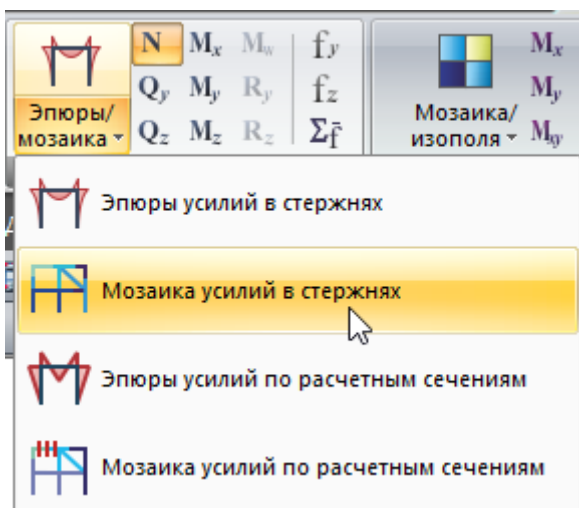
Примечание: иногда перерасчет при запуске на расчет  не срабатывает и тогда перерасчет жесткости в «Модели грунта»  является единственным вариантом для обновления жесткости свай.

Выполняем полный расчет заново с перерасчетом жесткости.

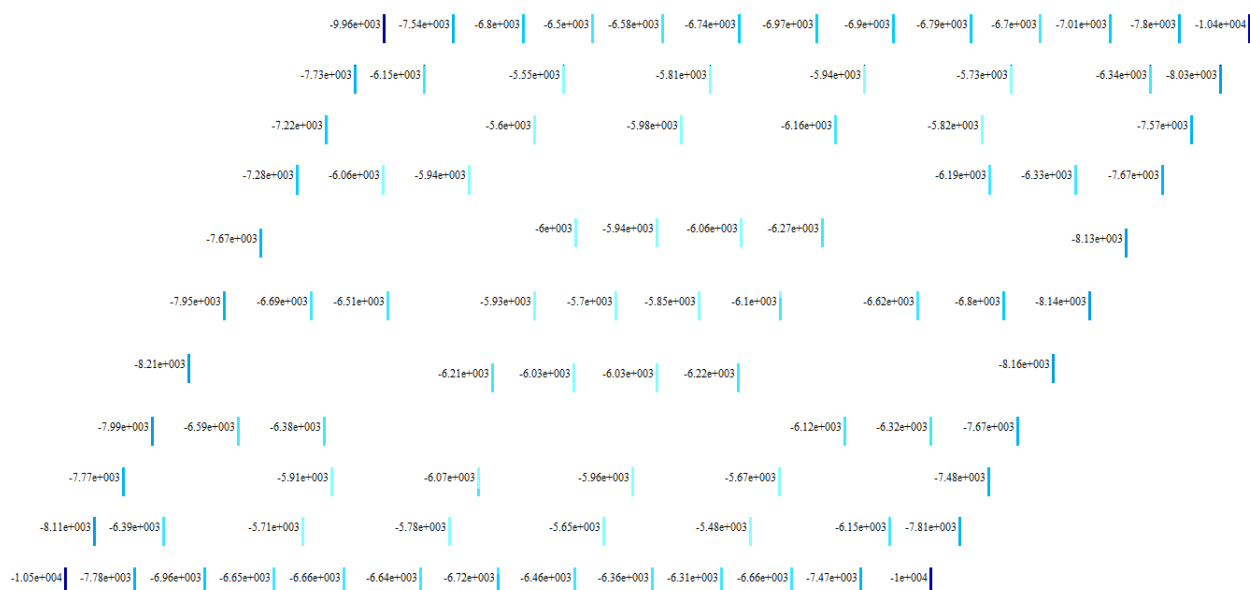


Результат расчета по таблице РСН 2.5.

Переходим в нормальные усилия в сваях N . По данным реакциям будем оценивать сходимость реакций в сваях для окончания итерационного процесса.



Усилие N в верхней части свай (РСН 2.5):



Шаг 11. Проверка критерия сходимости

Итерации по расчету коэффициентов постели ведутся до тех пор, пока не будет получена сходимость N_1 прошлой итерации с N_2 новой итерации. В зависимости от типа грунта требуется обычно 3-4 итерации.

Должно выполняться условие:

$$\left| \frac{N_2 - N_1}{N_2} \right| 100\% < 5 \dots 10\%$$

Проверки критерия сходимости результатов.

Итерация 2	Итерация 3

Узловая свая:

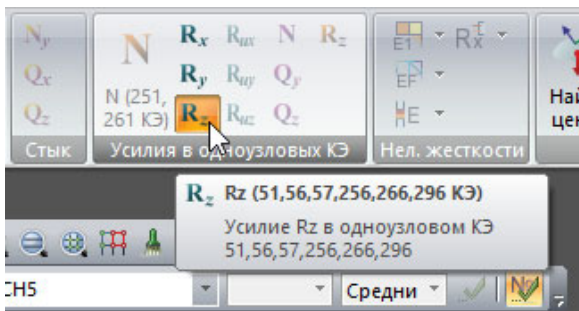
$$\left| \frac{10500 - 8980}{8980} \right| 100\% = 17\%.$$

Краевая свая:

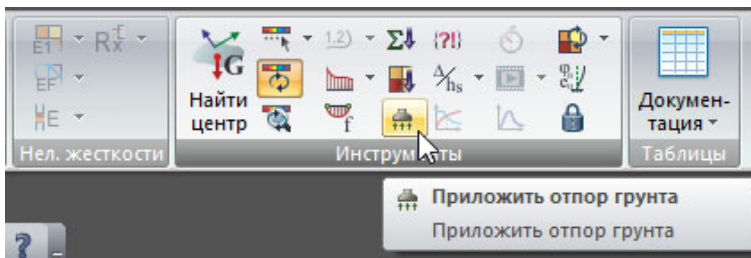
$$\left| \frac{7990 - 7640}{7990} \right| 100\% = 4\%.$$

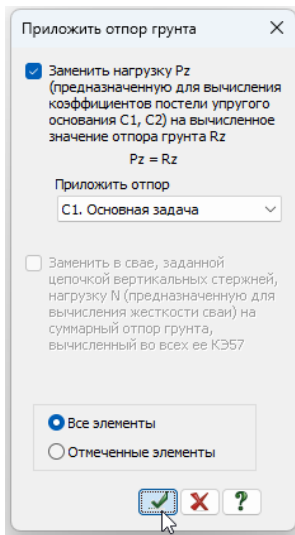
17% > 10%. Необходимо провести дополнительные итерации по определению жесткости сваи.

Необходимо перейти в реакции в сваях Rz.



Нажимаем приложить отпор грунта, находясь в РСН 2.5.

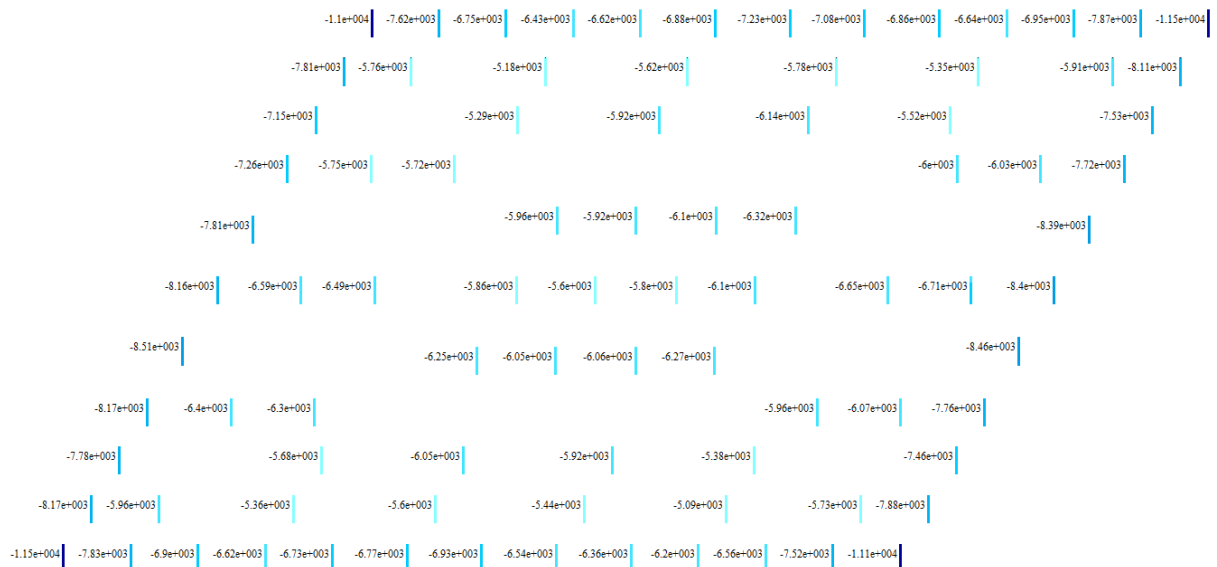




Теперь реакция в сваях заменились. Производим еще одну итерацию.

Шаг 12. Четвертая итерация

Усилие N в верхней части свай (РСН 2.5):



Проверка критерия сходимости результатов.

Итерация 3	Итерация 4

Угловая свая:

$$\left| \frac{11500 - 10500}{11500} \right| 100\% = 9\%.$$

Краевая свая:

$$\left| \frac{8170 - 7990}{8170} \right| 100\% = 2\%.$$

9% < 10%. Итерации можно завершить.

Пояснения о крайних и угловых сваях

1. Угловые сваи склонны к чрезмерному росту усилий. Это связано в основном с тем, что используются линейные зависимости в модели грунта ЛИРА-САПР. Если случается так, что самые угловые сваи перегружены, а близлежащие с ними недогружены (разрыв усилиях более чем в 1,5 раза) то в этом случае необходимо пересчитать жесткость в ПК Plaxis/Midas – это даст более плавную картину распределения усилий.

2. Рост количества итераций в ПК ЛИРА-САПР приводит во многих случаях к неадекватному перегрузу угловых свай. Поэтому количество итераций по расчету жесткости должно быть минимально возможным.

3. Согласно П 8.1.3.16. СП 267 при проектировании свайных фундаментов необходимо учитывать перегрузку крайних и угловых свай относительно центральных. В соответствии с результатами мониторинга и выполненных расчетов крайние и угловые сваи воспринимают усилия в два-три раза больше, чем центральные. В связи с этим они выполняются короче, или применяются другие мероприятия (изменяются их диаметр или сопротивление по боковой поверхности).

От автора: Если угловые/краевые сваи проектируются короче, то они будут менее жесткими и на них будет приходиться меньшие усилия, чем при полной длине. Однако при этом необходимо учитывать и снижение несущей способности. Также необходимо будет выполнить дополнительные испытания, поскольку изменилась длина, что не всегда оправдано и возможно.

3.7. Работа свай на горизонтальную нагрузку. Моменты в сваях.

Частые вопросы:

Вопрос №1. Откуда берется горизонтальная нагрузка в сваях?

Ответ: Горизонтальная нагрузка возникает от неравномерного деформирования конструкций совместно с грунтами. Кроме того, вклад в формирование горизонтальной нагрузки вносит ветер.

Вопрос №2. Почему в шарнирно сопряженных с ростверком сваях возникают моменты?

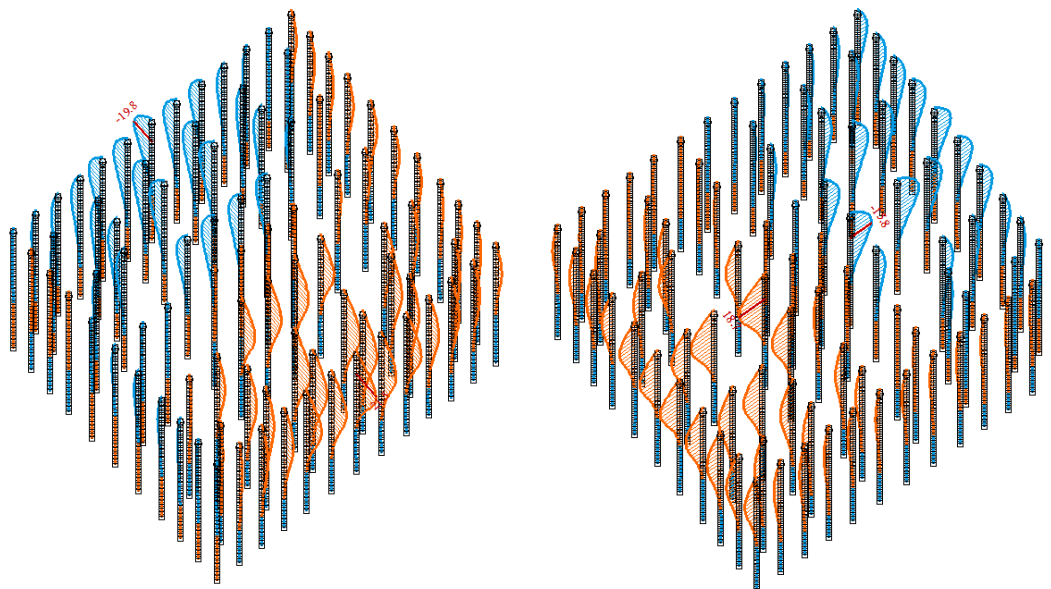
Ответ: в независимости от того есть момент в голове сваи, возникают сдвигающие (поперечные силы), которые также вызывают момент в свае.

ЛИРА-САПР при расчете автоматически определяет горизонтальную жесткость (горизонтальный коэффициент постели). Прикладывается эта жесткость в цепочке КЭ №57.

Пример распределения моментов в шарнирно сопряженных с ростверком сваях в выделенных сваях.

Показаны моменты в сваях без ветра. В верхней части значение момента равно 0, поскольку шарнир. Далее идет изгиб свай.

Моменты M_z M_y в сваях от нормативных длительных нагрузок в шарнирно сопряженных с ростверком сваях.



В случае, если программа не имеет возможности вычислить коэффициент постели или перерасчет жесткости ведется в Plaxis/Midas к свае прикладывается коэффициент постели вычисленный по формуле Б.5 СП 24:

$$c_{z,i} = \frac{K(z)z}{\gamma_{cz}} b_p h_i \alpha_i$$

$K(z)$ – коэффициент пропорциональности по таблице Б.1. СП 24(приведен ниже)

z – глубина расположения сечения сваи в грунте, м, для которой определяется коэффициент постели.

$\gamma_{cz} = 1$ – коэффициент условий работы

Также коэффициент K используется для вычисления расчетной длины свай.

Работа сваи на горизонтальную нагрузку описана в приложении Б СП 24

b_p – условная ширина сваи, м

h_i – длина участка приложения коэффициента постели, м

α_i – понижающий коэффициент, учитывающий взаимное влияние свай

Нормы предполагают задание коэффициента постели h_i с шагом 0,25м.

Определение b_p

Диаметр для круглой / сторона для прямоугольной $d \geq 0,8$	Диаметр для круглой / сторона для прямоугольной $d < 0,8$
$b_p = d + 1$	$b_p = 1,5d + 0,5$

Справочная таблица 33. Коэффициент пропорциональности K . Таблица Б.1. СП 24 (после интерполяции).

Вид и характеристика грунта, окружающего сваи	Коэффициент пропорциональности K , Кн/м ⁴
Пески крупные	
$e = 0,55$	10000
$e = 0,6$	8666
$e = 0,65$	7333
$e = 0,7$	6000
Глины и суглинки твердые	
$I_L \leq -0,25$	10000
$I_L = -0,2$	9200
$I_L = -0,15$	8400
$I_L = -0,1$	7600
$I_L = -0,05$	6800
$I_L = 0$	6000
Пески мелкие	
$e = 0,6$	6000
$e = 0,65$	5333
$e = 0,7$	4667
$e = 0,75$	4000
Пески средней крупности	
$e = 0,55$	6000
$e = 0,6$	5333
$e = 0,65$	4667
$e = 0,7$	4000
Супеси твердые	
$I_L \leq -0,25$	6000
$I_L = -0,2$	5600
$I_L = -0,15$	5200
$I_L = -0,1$	4800
$I_L = -0,05$	4400
$I_L = 0$	4000
Глины и суглинки тугопластичные и полутвердые	
$I_L = 0$	6000
$I_L = 0,05$	5777
$I_L = 0,1$	5555
$I_L = 0,15$	5333
$I_L = 0,25$	5111
$I_L = 0,3$	4888
$I_L = 0,35$	4666
$I_L = 0,4$	4444
$I_L = 0,45$	4222
$I_L = 0,5$	4000

Вид и характеристика грунта, окружающего сваи	Коэффициент пропорциональности K , Кн/м ⁴
Пески пылеватые	
$e = 0,6$	4000
$e = 0,65$	3588
$e = 0,7$	3175
$e = 0,75$	2763
$e = 0,8$	2350
Супеси пластичные	
$I_L = 0$	4000
$I_L = 0,05$	3882
$I_L = 0,1$	3764
$I_L = 0,15$	3646
$I_L = 0,25$	3529
$I_L = 0,3$	3411
$I_L = 0,35$	3293
$I_L = 0,4$	3175
$I_L = 0,45$	3057
$I_L = 0,5$	2939
$I_L = 0,55$	2821
$I_L = 0,6$	2704
$I_L = 0,65$	2586
$I_L = 0,7$	2468
$I_L = 0,75$	2350
Глины и суглинки мягкопластичные	
$I_L = 0,5$	4000
$I_L = 0,55$	3670
$I_L = 0,6$	3340
$I_L = 0,65$	3010
$I_L = 0,7$	2680
$I_L = 0,75$	2350
Глины и суглинки текучепластичные	
$I_L = 0,75$	2350
$I_L = 0,8$	3670
$I_L = 0,85$	3340
$I_L = 0,9$	3010
$I_L = 0,95$	2680
$I_L = 1$	1350
Пески гравелистые	
$e = 0,55$	33350
$e = 0,6$	27817
$e = 0,65$	22283
$e = 0,7$	16750
Крупнообломочные грунты с печаным заполнителем	
Любые показатели	33350

Расчет коэффициента α_i может вестись по **академическому подходу** (изложен в п.Б.7 СП 24)

$$\alpha_i = \gamma_{c,c} \prod_{j \neq i} \left\{ 1 - \frac{d}{r_{ij}} \left[0,789 + 0,229 \frac{x_j - x_i}{r_{ij}} - 0,143 \left(\frac{x_j - x_i}{r_{ij}} \right)^2 \right] \right\}$$

$\gamma_{c,c}$ коэффициент, учитывающий уплотнение грунта при погружении свай и принимаемый:

$\gamma_{c,c} = 1,2$ для забивных свай сплошного сечения;

$\gamma_{c,c} = 1$ для остальных видов свай.

d – диаметр или сторона поперечного сечения сваи.

$$r_{ij} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$$

x_i, y_i – координаты оси i -й сваи в плане, причем горизонтальная нагрузка приложена в направлении оси x ;

x_j, y_j – то же, для j -й сваи.

$\prod_{j \neq i}$ – произведение.

Инженерный подход, который использует автор сильно упрощает приведенную формулу и дает те же самые значения с погрешностью до 5-10%. При этом используется усредненный шаг свай.

$$\alpha_i = \gamma_{c,c} \left(0,0772 \frac{l_{cp}}{d} - 0,098 \ln(n) + 0,5341 \right)$$

l_{cp} – усредненное расстояние между сваями, м

d – диаметр или сторона поперечного сечения сваи, м

n – количество свай в кусте.

3.8. Определение расчетной длины сваи

Расчетная длина сваи определяется согласно п. 7.1.8 СП 24 с учетом приложения Б.5 СП 24.

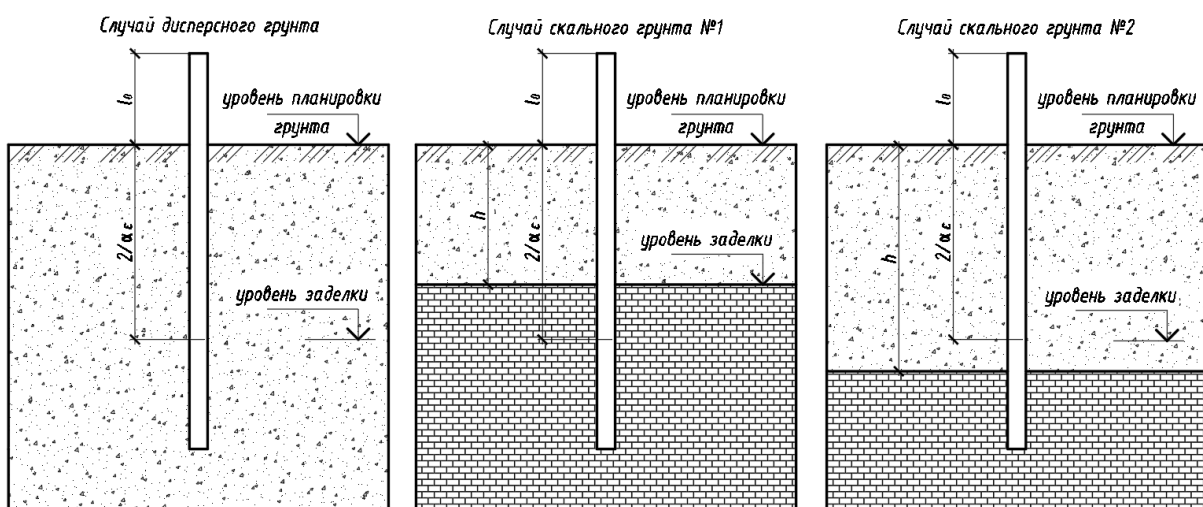
Свая считается жестко заделанной в дисперсный грунт на расстоянии:

$$l_1 = l_0 + \frac{2}{\alpha_\varepsilon}$$

l_0 – длина участка сваи от подошвы высокового ростверка до уровня планировки грунта (расстояние на которое свая выходит из грунта), м. В случае, если свая заглублена, как в примере справочника, то $l_0 = 0$.

Если происходит заделка буровой(буронабивной) сваи в скальный грунт и ее высота h в грунте меньше, чем $\frac{2}{\alpha_\varepsilon}$, то заделку принимают до уровня скального грунта, при этом:

$$l_1 = l_0 + h$$



$$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{\alpha_i K b_p}{EI}}$$

K – коэффициент пропорциональности (определен выше). Нормы не дают методики расчета K для нескольких слоев грунта, через которые проходит свая, поэтому в инженерной практике принимается наименьшее значение по наиболее слабому грунту, который встречается до момента ее заделки.

α_i – понижающий коэффициент, учитывающий взаимное влияние свай (определен выше)

Диаметр для круглой / сторона для прямоугольной $d \geq 0,8$	Диаметр для круглой / сторона для прямоугольной $d < 0,8$
$b_p = d + 1$	$b_p = 1,5d + 0,5$

$E = 0,6E_b$ – модуль упругости сваи, кПа

E_b – начальный модуль упругости, определенный по таблице 6.11 СП 63.

0,6 коэффициент по п. 6.2.7 СП 430.



Фрагмент таблицы 6.11 СП 63.

Бетон	Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении E_b , кПа·10 ⁶ , при классе бетона по прочности сжатия															
	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60	B70	B80	B90	B100
Тяжелый	19,0	21,5	24,0	27,5	30,0	32,5	34,5	36,0	37,0	38,0	39,0	39,5	41,0	42,0	42,5	43
Мелкозернисты и группы А – естественного твердения	15,5	17,5	19,5	22,0	24,0	26,0	27,5	28,5	-	-	-	-	-	-	-	-

I – момент инерции сечения сваи, м⁴

Момент инерции прямоугольного сечения сваи:

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

b – ширина сечения, м

h – высота сечения, м

Момент инерции круглого сечения сваи:

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

d – диаметр сваи, м


Справочная таблица 34. Коэффициент расчетной длины сваи

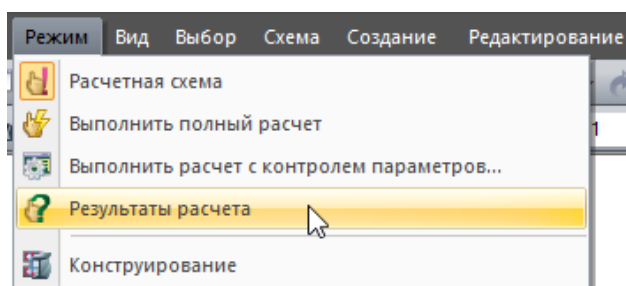
Условия сопряжения сваи	Коэффициент расчетной длины k по п.8.1.17 СПбЗ.	Расчетная длина
Жесткое сопряжение Ростверк упирается в грунт или в соседние фундаменты, которые опираются в грунт с	0,8 (для элементов с ограниченно смещаемыми заделками на двух концах: жесткими (без поворота))	$l_{расч} = kl_1$
Шарнирное сопряжение Ростверк упирается в грунт или в соседние фундаменты, которые опираются в грунт.	1,5 (для элементов с податливым шарнирным опиранием (допускающим ограниченное смещение опоры) на одном конце, а на другом конце с жесткой (без поворота) заделкой)	
Жесткое сопряжение Ростверк не упирается в грунт или в соседние фундаменты, которые опираются в грунт.	0,8 (для элементов с ограниченно смещаемыми заделками на двух концах: жесткими (без поворота))	
Шарнирное сопряжение Ростверк не упирается в грунт или в соседние фундаменты, которые опираются в грунт.	2,0 (для элементов с жесткой заделкой (исключающей поворот опорного сечения) на одном конце и незакрепленным другим концом (консоль))	

3.9. Финальные проверки. Результаты проверки. Выводы.

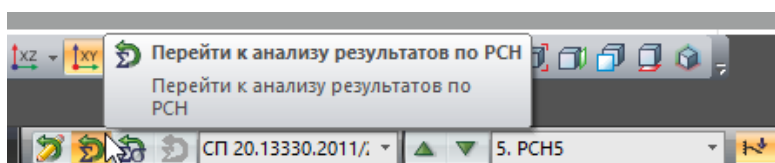
Справочная таблица 35. Параметры, подлежащие проверке

Параметр	Метод определения	Предельное значение
Усилие N при расчете сваи по грунту	РСУ min	Определяется расчетом
Усилия N, M_y, M_z, Q_y, Q_z при расчете сваи по материалу сваи	Для N РСУ min нормативные умноженные в ручном режиме на коэффициент надежности по нагрузке γ_f по п.7.5.11 СП 24 Для M_y, M_z, Q_y, Q_z РСУ min и max нормативные умноженные в ручном режиме на коэффициент надежности по нагрузке γ_f по п.7.5.11 СП 24. и на коэффициент надежности по ответственности γ_n .	Определяется по расчету прочности сваи (см. другие части справочника)
Осадка S	Перемещения по Z от нормативных длительных нагрузок по РСН 2.5 или 2.6 (где получается большее значение).	\bar{s}_u (приложение Г СП 22)
Относительная разность осадок $\frac{\Delta s}{L}$	Перемещения по Z от нормативных длительных нагрузок по РСН 2.5 или 2.6 (где получается большее значение).	$(\frac{\Delta s}{L})_u$ (приложение Г СП 22)

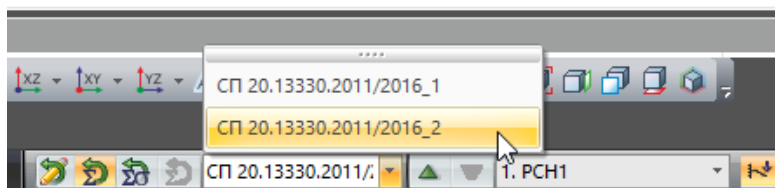
После выполнения расчета для просмотра результатов необходимо перейти в «результаты расчета» .

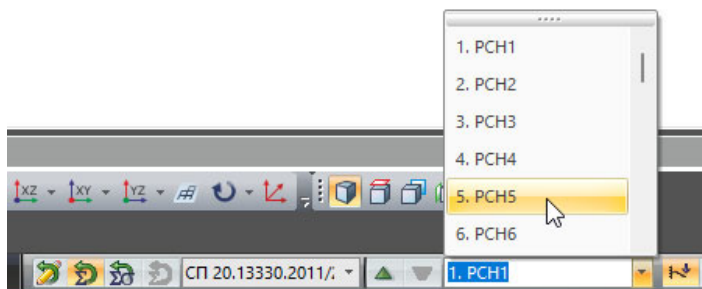


В результатах расчета переходим к анализу результатов по РСН.

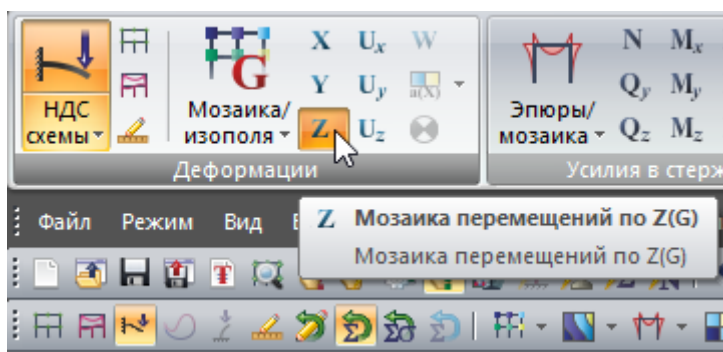


Переходим в результаты Таблицы РСН №2. Выбираем РСН №5.

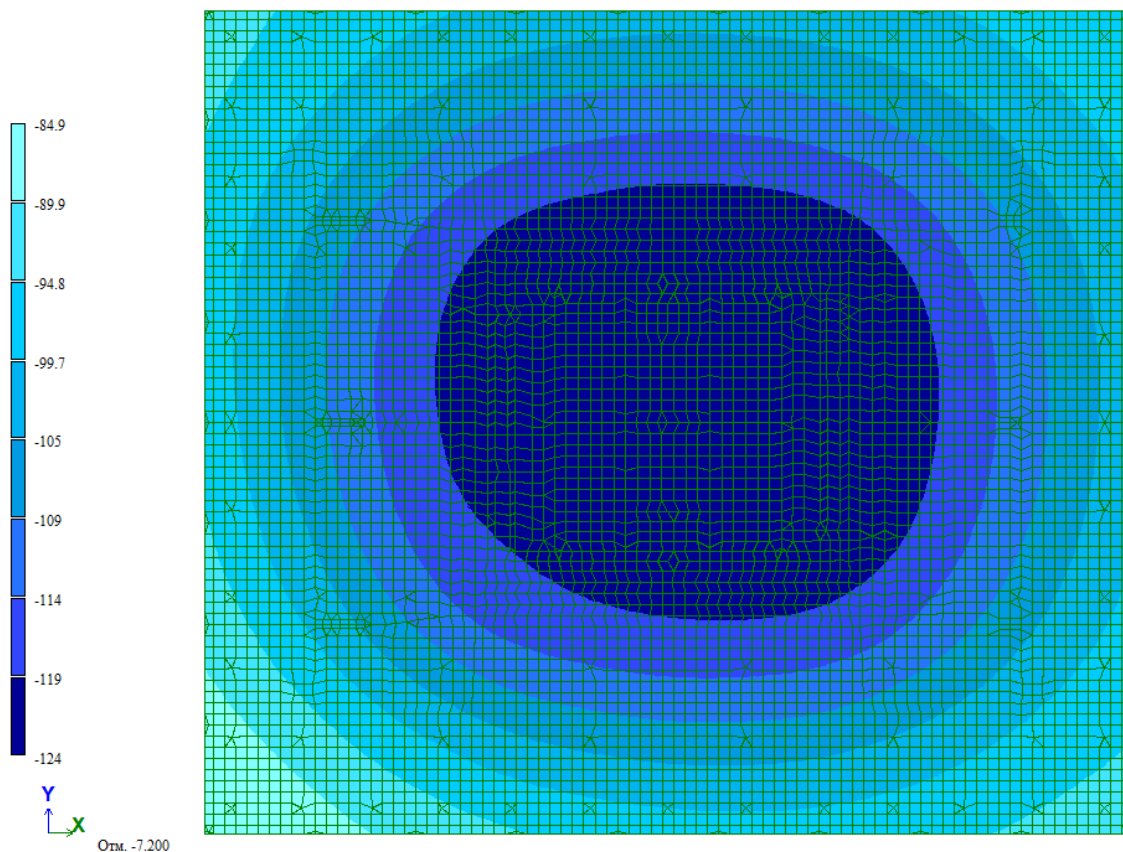




Выбираем мозаику перемещений по Z.



Осадка.



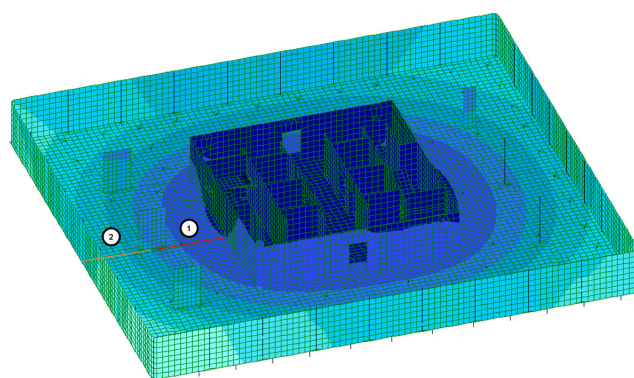
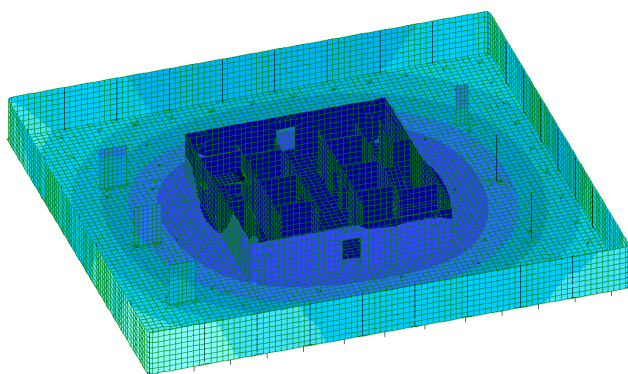
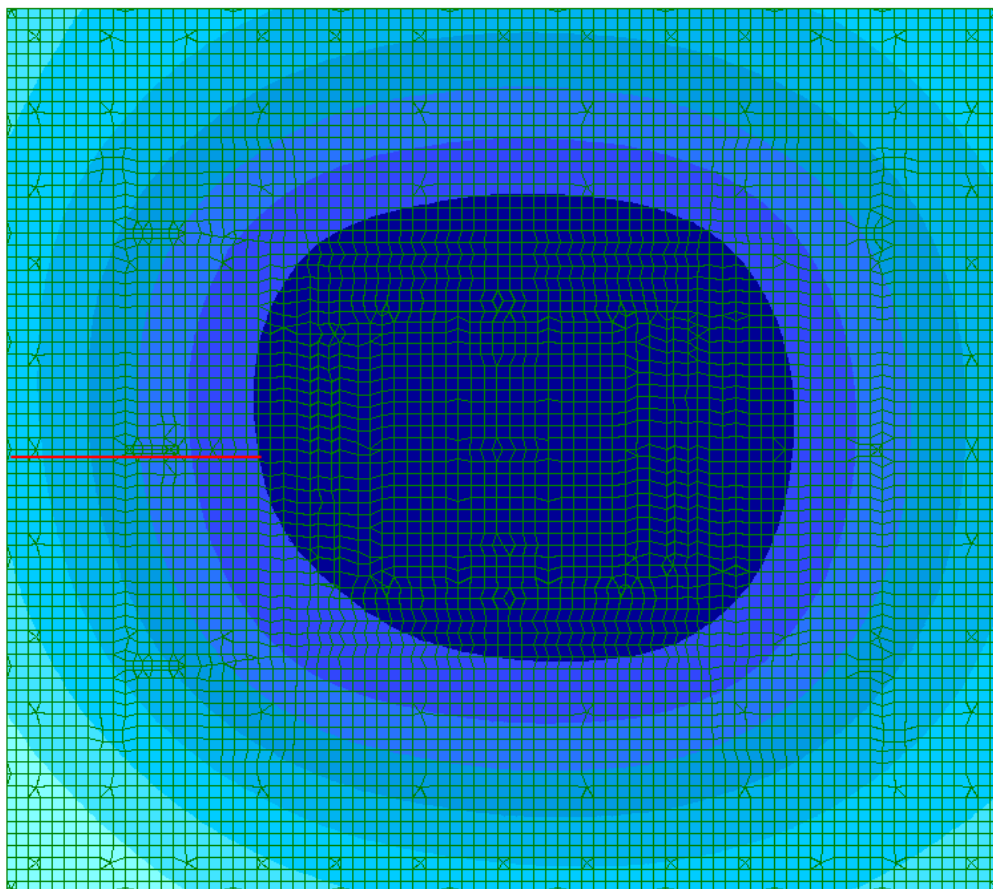
Максимальное значение осадки: 124мм

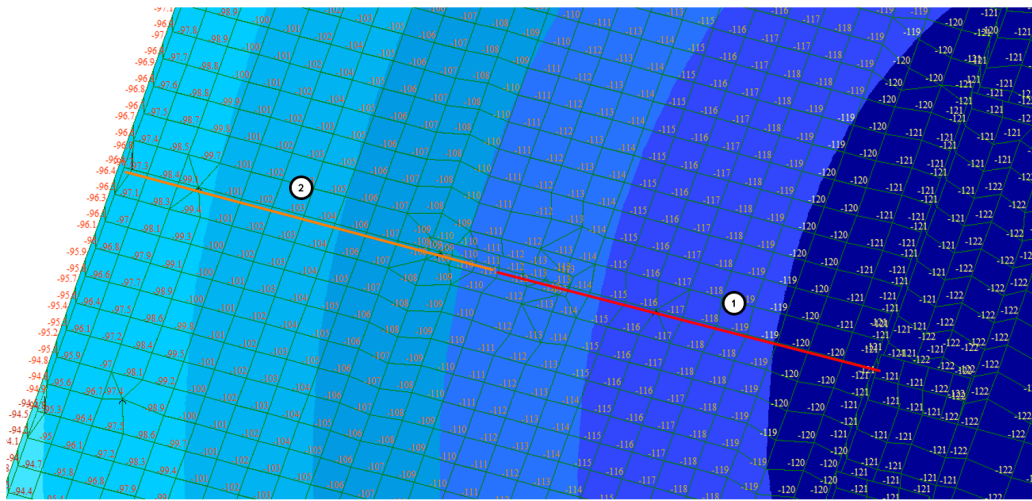
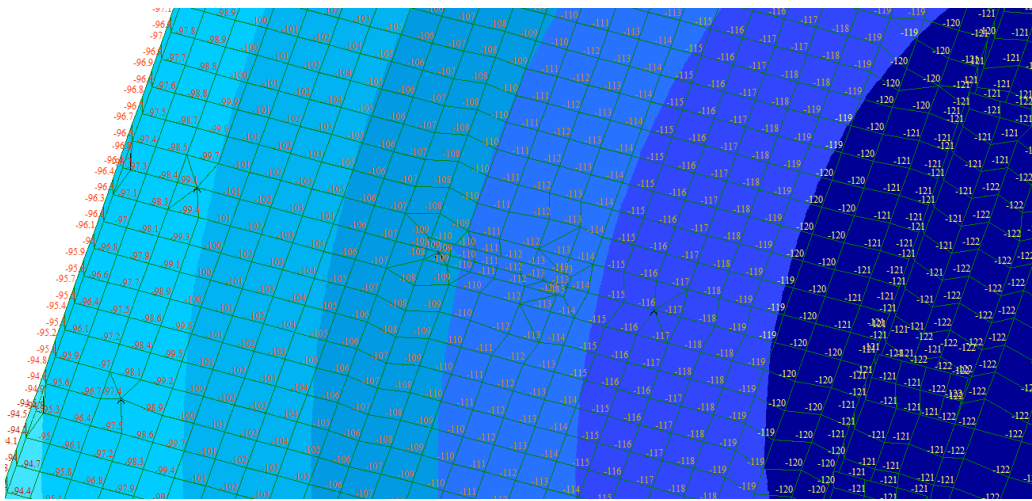
Среднее значение осадки: 101мм

Относительная разность осадок высчитывается вручную по изополям перемещений.

Для этого находим место, где имеет место наибольшее нарастание деформаций (где изополя быстрее всего сменяют цвет).

Наибольшее нарастание имеет место на данном участке.





Определение относительной разности осадок на участке №1.

$$s_1 = 121 \text{ мм}$$

$$s_2 = 111 \text{ мм}$$

$$L = 4850 \text{ мм}$$

$$\frac{\Delta s}{L} = \frac{121 - 111}{4850} = 0,00206$$

Определение относительной разности осадок на участке №2.

$$s_1 = 111 \text{ мм}$$

$$s_2 = 97 \text{ мм}$$

$$L = 4200 \text{ мм}$$

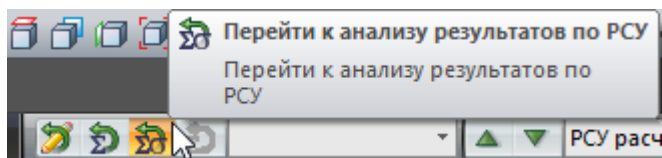
$$\frac{\Delta s}{L} = \frac{111 - 97}{4700} = 0,00297$$

Максимальное значение:

$$\frac{\Delta s}{L} = 0,00297$$



Для просмотра усилий с сваях нужно перейти в результаты по РСУ.



Расчет усилия N при расчете сваи по **грунту** принимается по РСУ **расчетным минимальным** значениям. . Минимальные значения потому, что программа выдает отрицательные значения усилий сжатия.

Минимальные расчетные значения N по РСУ в сваях(кН).

-1.62e+004	-1.13e+004	-9.99e+003	-9.52e+003	-9.78e+003	-1.02e+004	-1.06e+004	-1.04e+004	-1.01e+004	-9.78e+003	-1.02e+004	-1.16e+004	-1.68e+004
-1.14e+004	-8.49e+003		-7.65e+003		-8.29e+003		-8.52e+003		-7.88e+003		-8.67e+003	-1.18e+004
-1.05e+004		-7.76e+003		-8.66e+003		-8.98e+003		-8.08e+003				-1.1e+004
-1.06e+004	-8.4e+003	-8.31e+003						-8.72e+003	-8.8e+003		-1.13e+004	
-1.14e+004			-8.57e+003	-8.52e+003	-8.76e+003	-9.07e+003						-1.22e+004
-1.19e+004	-9.61e+003	-9.43e+003		-8.41e+003	-7.96e+003	-8.27e+003	-8.76e+003		-9.65e+003	-9.78e+003		-1.22e+004
-1.24e+004				-8.96e+003	-8.68e+003	-8.71e+003	-9.01e+003					-1.23e+004
-1.19e+004	-9.33e+003	-9.14e+003						-8.66e+003	-8.86e+003		-1.13e+004	
-1.14e+004		-8.3e+003		-8.85e+003		-8.66e+003		-7.89e+003			-1.09e+004	
-1.2e+004	-8.75e+003	-7.9e+003		-8.25e+003		-8.03e+003		-7.52e+003	-8.44e+003	-1.15e+004		
-1.69e+004	-1.15e+004	-1.02e+004	-9.78e+003	-9.94e+003	-1e+004	-1.02e+004	-9.67e+003	-9.4e+003	-9.18e+003	-9.71e+003	-1.11e+004	-1.62e+004

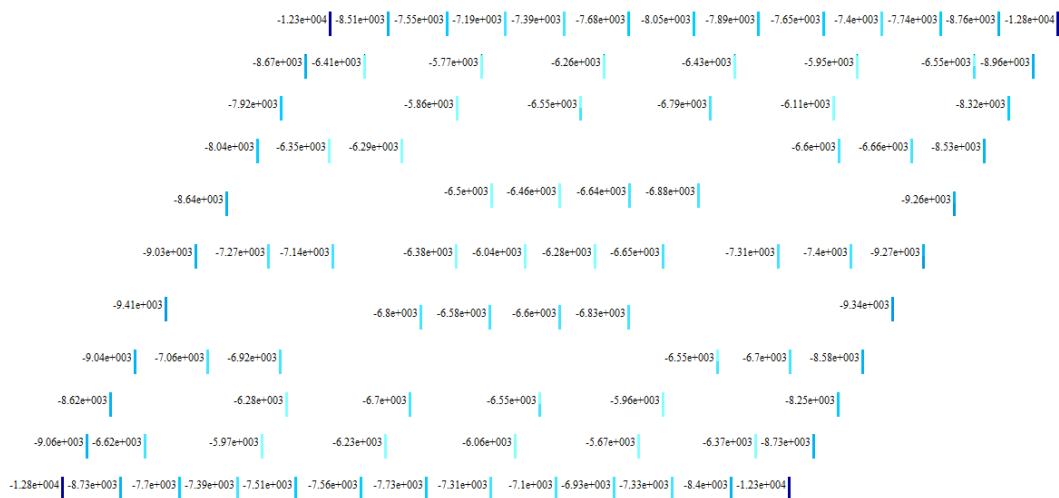
Расчет усилий N при расчете сваи по **материалу сваи** принимается по РСЧ минимальным нормативным значениям с умножением на коэффициент надежности по нагрузке γ_f по п.7.5.11 СП 24 (в примере $\gamma_f = 1,4$) и на коэффициент надежности по ответственности γ_n (в примере $\gamma_n = 1,1$).

РСЧ нормат. MIN

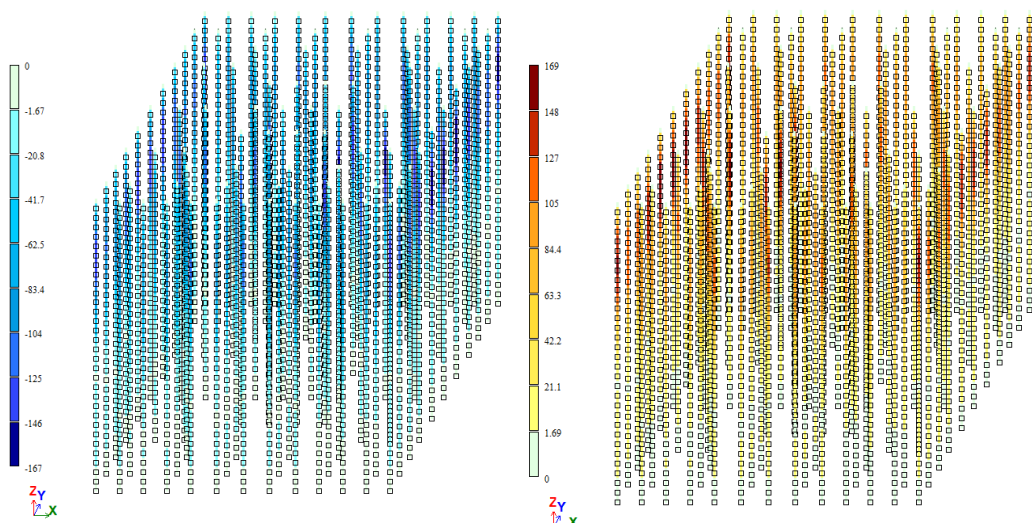
Расчет усилий M_y, M_z, Q_y, Q_z при расчете сваи по **материалу сваи** принимается по РСЧ минимальным нормативным значениям с умножением на коэффициент надежности по нагрузке γ_f по п.7.5.11 СП 24 (в примере $\gamma_f = 1,4$). и на коэффициент надежности по ответственности γ_n (в примере $\gamma_n = 1,1$).

РСЧ нормат. MAX

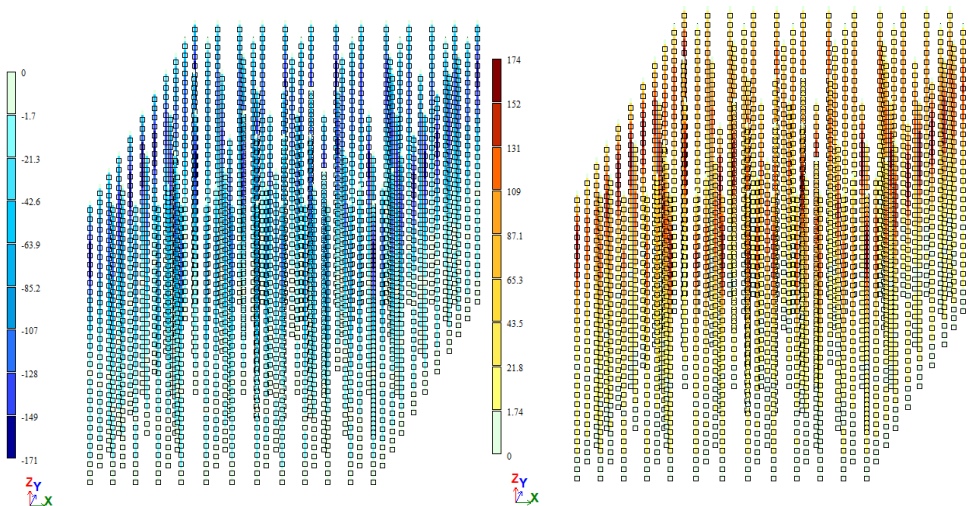
РСЧ нормат. MIN



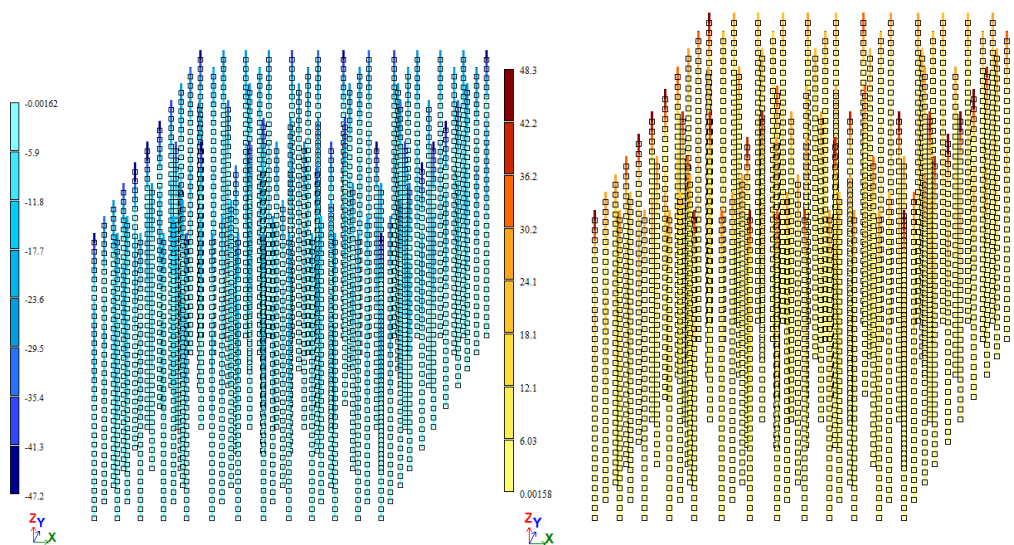
Минимальные значения N по РСЧ в сваях(кН)



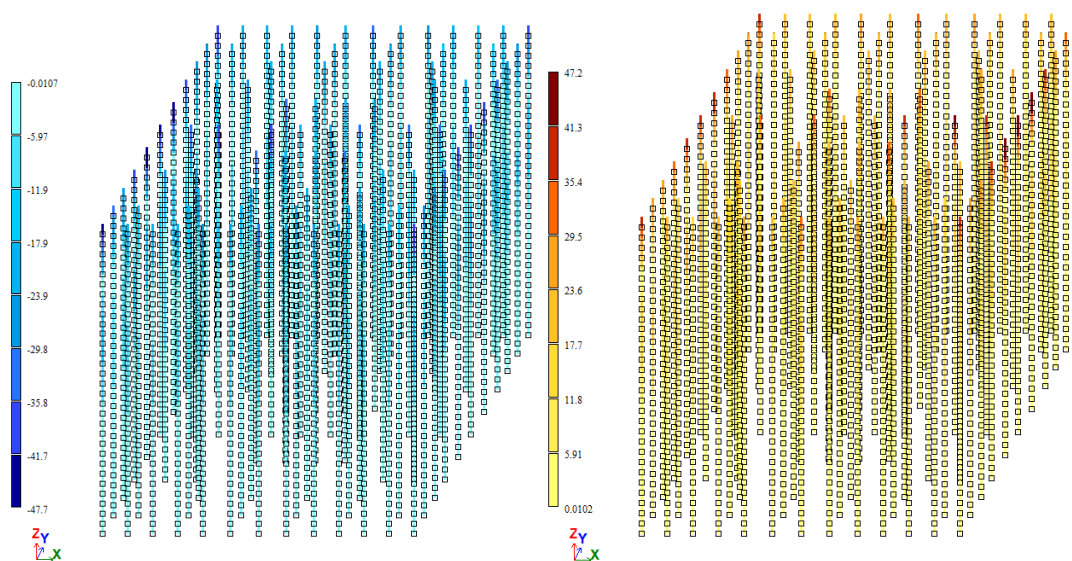
Минимальные и максимальные значения M_y по РСЧ в сваях(кНм)



Минимальные и максимальные значения M_z по РСУ в сваях(кНм)



Минимальные и максимальные значения Q_y по РСУ в сваях(кН)



Минимальные и максимальные значения Q_z по РСУ в сваях(кН).

Таблица–пример 6. Сводные результаты расчета

Параметр	Предельно допустимое значение	Результат расчета	Коэффициент использования
Усилие N при расчете сваи по грунту	Определено расчетом в приложении Б настоящего справочника и составляет: $N = 17979$ кН	$N = 16900$ кН	0,94
Усилия в свае N, M_y, M_z , при расчете сваи по материалу сваи	Определен в расчете по следующим частям справочника	$N = 12800 \times 1,4 \times 1,1 = 19\,712$ кН $M_y = 169 \times 1,4 \times 1,1 = 260,26$ кНм $M_z = 174 \times 1,4 \times 1,1 = 267,96$ кНм $Q_y = 48,3 \times 1,4 \times 1,1 = 74,38$ кН $Q_z = 47,7 \times 1,4 \times 1,1 = 73,46$ кН	Определен в расчете по следующим частям справочника
Осадка S	15 см (приложение Г СП 22)	Средняя осадка 10,1см	0,67
Относительная разность осадок $\frac{\Delta s}{L}$	0,003 (приложение Г СП 22)	0,00297	0,99

Выводы по результатам расчета:

Коэффициент использования по ряду параметров не превышает 1. Требования СП 22.13330.2016 и СП 24.13330.2021 **выполнены**.

Частые вопросы.

Вопрос №1

Как можно снизить нагрузку на фундамент/повысить несущую способность сваи?

Ответ.

Способы снижения нагрузок.

1. Полезная нагрузка на балконах может быть понижена до значений нагрузок основных помещений согласно примечанию 3 к таблице 8.3 СП 20.13330.2016

2. Полезная нагрузка может быть понижена с учетом коэффициентов сочетания $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ по п. 6.7,6.8. СП 20.13330.2016.

Способы повышения несущей способности сваи.

1. Провести испытания и принять несущую способность на основании испытаний.

2. В случае, если превышение несущей способности сваи обусловлено ветром, то согласно примечания 3. п. 7.1.10. СП 24.13330.2021:

Если расчет свайных фундаментов производится с учетом ветровых и крановых нагрузок, то воспринимаемую крайними сваями расчетную нагрузку допускается повышать на 20%.

Все вышеуказанные способы помогают снизить нагрузки, как правило, в пределах 3–7%.

4. Комбинированный свайно-плитный фундамент

Комбинированный свайно-плитный фундамент – фундамент, состоящий из железобетонной плиты (свайного ростверка) и свай, совместно передающих нагрузку на основание.

Данный фундамент используют в зданиях, где грунты основания не являются скальными. В случае скальных грунтов всю нагрузку передают на сваи (п. 7.4.14. СП 24).

Допустимость применения

В соответствии с п. 7.4.14., 7.4.16 СП 24 допустимо проектировать **комбинированный свайно-плитный фундамент**, если выполняются условия:

1. основание сложено песком средней плотности и/или плотными,
2. глинистые грунты имеют с показателю текучести ниже $I_L < 0,5$ и модуль деформации $E > 8 \text{ МПа}$,

Эти условия говорят о том, что грунт под плитой должен иметь повышенные характеристики, чтобы плита воспринимала на себя часть нагрузки. Иными словами: нельзя использовать «болото» в основании. Если в основании под плитой «болото», то всю реакцию воспримут сваи.

Процент распределения нагрузки между плитой и сваями

Примерный процент распределения между сваями и плитой в указан в п.7.4.10 СП 50-102-2003 и составляет 85% на сваи и 15% на плиту.

Расчетные методики

В ЛИРА-САПР точный расчет произвести невозможно. Обычно используют Plaxis/Midas для итерационного расчета жесткости, обмениваясь данными с ПК ЛИРА-САПР. Для расчета в ПК ЛИРА-САПР вводят коэффициенты постели под фундаментной плитой и жесткости свай через одноузловой КЭ №56 (не КЭ №57, ранее рассмотренный). По этому вопросу в будущем планируется отдельная методичка.

Конструктивные особенности

Основное отличие от стандартной фундаментной плиты является необходимость более тщательной подготовки основания:

- сохранение свойств грунта после разработки котлована (недопущение разуплотнения или мероприятия по дополнительному уплотнению);
- устройство силовой дополнительной плиты, с которой будет производиться устройство свай (устраивается также с целью недопущения разуплотнения грунта);
- выполняется зазор между плитой и сваями, который после включения в работу фундаментной плиты на расчетную величину (возведено несколько этажей) будет замоноличен-заинъектирован через специальные закладные трубки.

Если данные конструктивные особенности не учтены, то нагрузка на грунт под плитой будет или неполной от заложенной в расчет или вовсе отсутствовать. У обычных свайных фундаментов плита во многих случаях «отлипает» от грунта и остается зазор, через который нагрузка передаваться не может.

От автора

Проектирование и четкое выполнение проекта комбинированного свайно-плитного фундамента очень сложный процесс и не всегда приводящий к фактическому желаемому результату. Автор рекомендует использовать данный фундамент только в исключительных случаях.

5. Особенности расчета осадок и учет влияния соседних зданий

Справочная таблица 36. Инженерные методики расчета

№ п/п	Расчетный вариант	Грунты	Сжимаемая толща H_c	Высотность зданий	Методика расчета в программном комплексе
1	Здания строятся в составе одного жилого/офисного комплекса (один проект) одновременно.	Только дисперсные грунты	Метод №1	До 75м	Методика №1,2,3
2			Метод №1	Более 75м	Методика №1,2,3
3	Высоты, отличающийся менее 2 раз. Фундаменты или только свайные или только фундаментные плиты. Возведенные здания в зоне влияния отсутствуют.	Имеются скальные грунты ($E > 100\text{МПа}$)	Метод №1,2	До 75м	Методика №1,2,3
4			Метод №1	Более 75м	Методика №2,3
5	Здания строятся в составе одного жилого/офисного комплекса (один проект) одновременно. Здания разной высоты, отличающийся более 2 раз.	Только дисперсные грунты	Метод №1	До 75м	Методика №1,2,3
6			Метод №1	Более 75м	Методика №2,3
7	Фундаменты или только свайные или только фундаментные плиты. Возведенные здания в зоне влияния отсутствуют.	Имеются скальные грунты ($E > 100\text{МПа}$)	Метод №1,2	До 75м	Методика №1,2,3
8			Метод №1	Более 75м	Методика №2,3
9	Здания строятся в составе одного жилого/офисного комплекса (один проект). Часть фундаментов свайные, часть плитные.	Только дисперсные грунты	Метод №1	До 75м	Методика №3
10			Метод №1	Более 75м	Методика №3
11	Возведенные здания в зоне влияния отсутствуют.	Имеются скальные грунты ($E > 100\text{МПа}$)	Метод №1	До 75м	Методика №3
12			Метод №1	Более 75м	Методика №3
13	Вблизи проектируемых зданий имеется существующая окружающая застройка, которая попадает в зону влияния.	Только дисперсные грунты	Метод №1	До 75м	См. выбор по № п/п 1-12 + оценка влияния строительства
14			Метод №1	Более 75м	См. выбор по № п/п 1-12 + оценка влияния строительства
15	Высота существующего здания меньше высоты строящегося здания более трех раз. Удаление проектируемого здания от соседнего больше, чем двойная глубина нового фундамента.	Имеются скальные грунты ($E > 100\text{МПа}$)	См. выбор по № п/п 1-12	До 75м	См. выбор по № п/п 1-12 + оценка влияния строительства
16			Метод №1	Более 75м	См. выбор по № п/п 1-12 + оценка влияния строительства
17	Вблизи проектируемых зданий имеется существующая окружающая застройка, которая попадает в зону влияния. Удаление здания от соседнего меньше, чем двойная глубина нового фундамента.	Только дисперсные грунты	Метод №1	До 75м	Методика №4 + оценка влияния строительства
18			Метод №1	Более 75м	Методика №4 + оценка влияния строительства
19	И/или: Высота существующего здания не менее трети строящегося.	Имеются скальные грунты ($E > 100\text{МПа}$)	Метод №1	До 75м	Методика №4 + оценка влияния строительства
20			Метод №1	Более 75м	Методика №4 + оценка влияния строительства

Справочная таблица по инженерным методикам расчета составлена на основании опыта автора и не записана в нормативные документы.

Методика коэффициентов постели/жесткости свай

Методика №1.

В ЛИРА-САПР все модели зданий собираются в единую модель или от каждой модели передаются нагрузки в систему Грунт. Производится «единовременный» расчет коэффициентов постели.

Методика №2.

Коэффициенты постели определяют строительства в ПК Plaxis/Midas.

Методика №3.

Коэффициенты постели определяют строительства в ПК Plaxis/Midas с учетом этапности строительства.

Методика №4.

Коэффициенты постели определяют строительства в ПК Plaxis/Midas с учетом этапности строительства и с учетом окружающей застройки.

Методы определения сжимаемой толщи H_c

Метод №1.

Рассчитывается глубина сжимаемой толщи исходя из двух условий. Принимается максимальное из двух условий.

1 условие.

Минимально возможная глубина сжимаемой толщи H_{min}

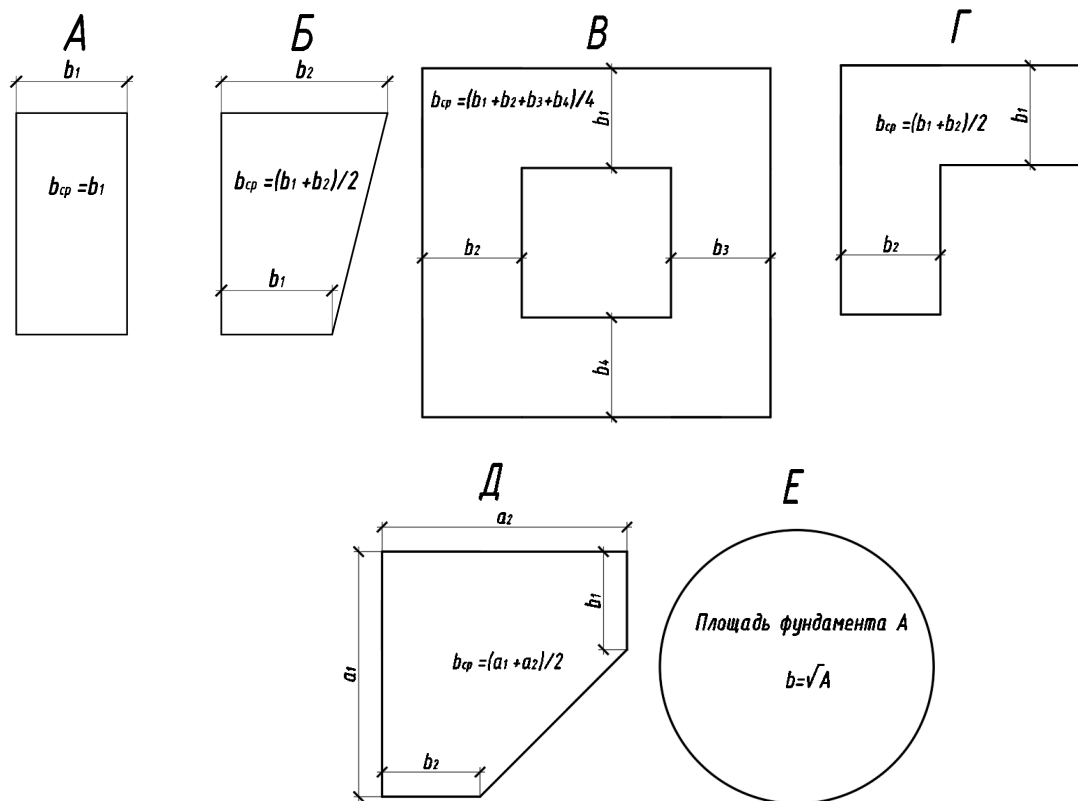
В соответствии с п. 5.6.41 СП 22 H_{min} , принимается равной:

$b/2$ при $b \leq 10\text{м}$,

$(4 + 0,1b)$ при $10\text{м} < b \leq 60\text{м}$

10м при $b > 60\text{м}$.

$b_{\text{ср}}$ (р.з.а.) используется для определения минимальной глубины сжимаемой толщи для фундаментов сложной формы.



2 условие.

В соответствии с п. 5.6.41 нижнюю границу сжимаемой толщи основания принимают на глубине $z = H_c$, где выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,5\sigma_{zg}$. Если найденная по указанным выше условиям нижняя граница сжимаемой толщи находится в слое грунта с модулем деформации $E \leq 7\text{МПа}$ (слабый грунт) или такой слой залегает непосредственно ниже глубины $z = H_c$, то этот слой включают в сжимаемую толщу, а за H_c принимают минимальное из значений, соответствующих подошве слоя или глубине, где выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,2\sigma_{zg}$.

Метод №2.

Согласно п. 5.6.11 СП 22 допускается ограничить верхом (кровлей) скального грунта.

Если же при этом под скальным грунтом залегает дисперсный, и толщина скального грунта должна быть не менее:

$$h \geq H_c \left(1 - \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}}\right)$$

E_1 – модуль деформации скального

E_2 – модуль деформации грунта под скальным

Если указанное условие не выполняется, то ограничивать сжимаемую толщу верхом (кровлей) скального грунта нельзя.

Оценка влияния строительства

Помимо расчета коэффициентов постели производится оценка влияния строительства проектируемого здания на существующие здания и коммуникации. Расчет производится в программном комплексе Plaxis/Midas.

Для предварительного назначения зоны влияния вновь возводимого (реконструируемого) сооружения, расположенного на застроенной территории, ориентировочный радиус (характерный размер) зоны влияния $r_{зв}$, м, допускается принимать в зависимости от **глубины котлована H_k** , м, метода его крепления и конструкции ограждения котлована равным (п. 9.36 СП22):

$5H_k$ – при использовании ограждения котлована с креплением **анкерными конструкциями**, но не более **$2L$** , где **L** – суммарная длина горизонтальной проекции тела анкера и его тяги, м;

$4H_k$ – при использовании ограждения из стальных элементов (труб, двутавров и т.п.) с консольным креплением либо креплением стальными распорками или подкосами, а также при устройстве котлована в естественных откосах (от нижней границы откоса);

$3H_k$ – при использовании монолитной или сборно-монолитной железобетонной конструкции ограждения котлована (по технологии «стена в грунте», буронабивных секущихся свай и т.п.) с консольным креплением либо креплением стальными распорками или подкосами, а также при использовании ограждения из стальных элементов (труб, двутавров и т.п.) и экскавации грунта в котловане под защитой монолитных железобетонных перекрытий;

$2H_k$ – при использовании **монолитной или сборно-монолитной железобетонной конструкции ограждения** котлована (по технологии «стена в грунте», буронабивных секущихся свай и т.п.) и экскавации грунта в котловане под защитой монолитных железобетонных перекрытий.

Суть расчета оценки влияния для сооружений окружающей застройки:

Для зданий окружающей застройки необходимо рассчитать дополнительные перемещения и сравнить с предельно допустимыми по приложению Е СП 22. Если дополнительные перемещения окажутся больше, чем предельно допустимые, то обычно меняют метод его крепления и конструкции ограждения котлована. В некоторых случаях приходится усиливать фундаменты существующих зданий до начала строительства новых. Все изменения могут в той или иной степени отражаться на конструктивных решениях подземной части проектируемого здания (в том числе выбора фундамента) и этапности его возведения. Подробнее см. СП 361.

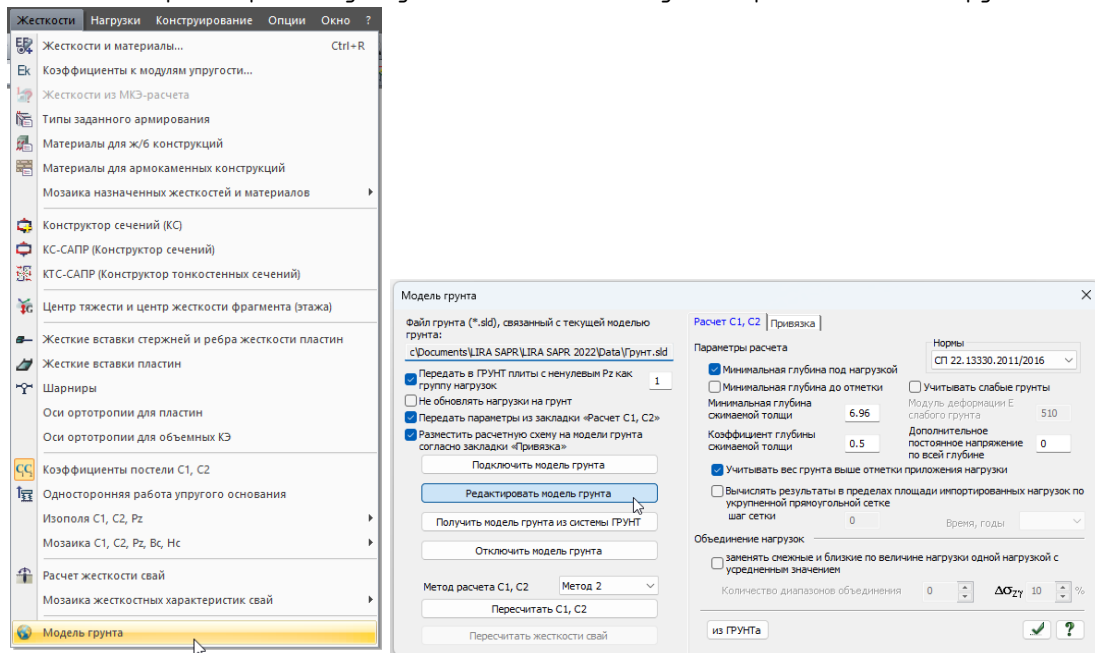
Справочная таблица 37. Предельные дополнительные деформации основания фундаментов реконструируемых сооружений (Таблица Е.1 СП 22)

Сооружения	Категории технического состояния зданий окружающей застройки	Предельные дополнительные деформации основания фундаментов	
		Относительная разность осадок $(\Delta s/L)_u$	Максимальная осадка $s_{ad,u}^{max}$, см
1 Одноэтажные и многоэтажные бескаркасные здания со стенами из крупных панелей	I (нормативное)	0,0020	4,0
	II (работоспособное)	0,0010	3,0
	III (ограниченно-работоспособное)	0,0007	2,0
	IV (аварийное)	0	0
2 Одноэтажные и многоэтажные бескаркасные здания со стенами из кирпича или крупных блоков без армирования	I (нормативное)	0,003	4,0
	II (работоспособное)	0,0015	3,0
	III (ограниченно-работоспособное)	0,001	2,0
	IV (аварийное)	0	0
3 Одноэтажные и многоэтажные бескаркасные здания со стенами из кирпича или крупных блоков с армированием или железобетонными поясами	I (нормативное)	0,0035	5,0
	II (работоспособное)	0,0018	4,0
	III (ограниченно-работоспособное)	0,0012	3,0
	IV (аварийное)	0	0
4 Многоэтажные и одноэтажные здания исторической застройки или памятники истории, архитектуры и культуры с несущими стенами из кирпичной кладки без армирования	I (нормативное)	-	-
	II (работоспособное)	0,0009	1,5
	III (ограниченно-работоспособное)	0,0007	1,0
	IV (аварийное)	0	0

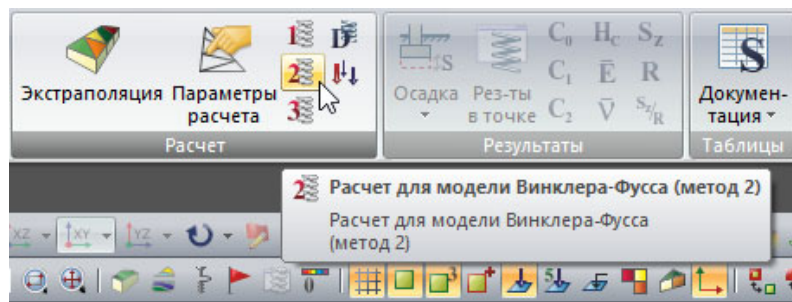
6. Просмотр расчетной глубины сжимаемой толщи H_c

Знать глубину сжимаемой толщи необходимо, чтобы выполнить геологические изыскания (определить глубину скважин) и сделать «ручные» расчеты.

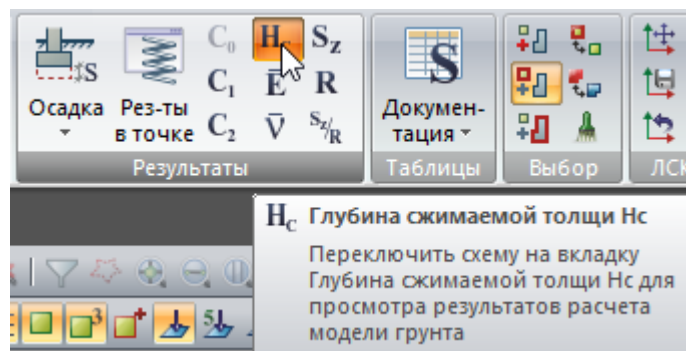
Чтобы просмотреть глубину сжимаемой толщи нужно перейти в модель грунта.



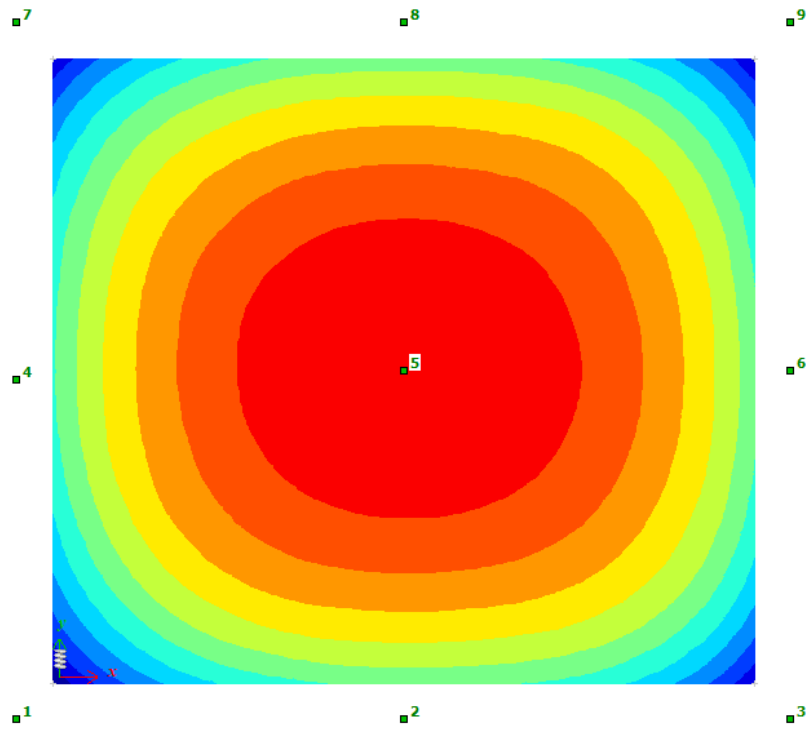
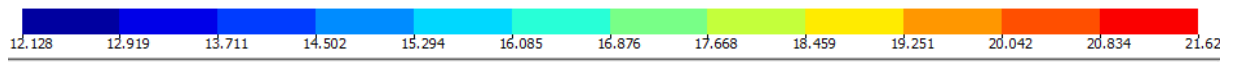
В модуле «грунт» выполнить расчет по модели 2.



И нажать на просмотр H_c



Как можно видеть глубина сжимаемой толщи для данного примера составляет от 12,13 до 21,62м.



7. Работа грунта при динамических воздействиях (пульсация, сейсмика, оборудование)

Нормы России по состоянию на 2024 год не дают прямого ответа на данный вопрос. В целом имеется понимание, что грунт при динамических воздействиях работает гораздо жестче чем при статических. Поэтому необходимо увеличить коэффициент постели в несколько раз (в 5-10) или как вариант закрепить основание связями.

Закрепление основания связями позволяет в большинстве случаев получить большие эффекты от пульсации и сейсмики, поэтому данный подход оправдан.

Согласно нормам Казахстана СП РК 2.03-30-2017* предлагается следующая методика:

Приложение Д СП РК 2.03-30-2017*. Параметры эквивалентной упругой жесткости грунта при учете взаимодействия здания или сооружения с грунтовым основанием

Д.5 Если экспериментальные данные о скоростях распространения упругих волн на площадке строительства отсутствуют, то в качестве определяющего параметра его эквивалентной упругой жесткости допускается принимать значение модуля деформаций грунта, определенное по результатам статических испытаний, но **увеличенное в 10 раз**. При этом необходимо соблюдать положения пунктов Д.5.1 и Д.5.2.

Д.5.1 Если параметры эквивалентной упругой жесткости грунта были приняты в соответствии с Д.5 или по справочным данным, то для определения периодов и форм собственных колебаний зданий и сооружений, а также эффектов сейсмических воздействий (сейсмических нагрузок, усилий в конструкциях, перемещений) следует применять две расчетные модели здания или сооружения. В одной из моделей эквивалентные жесткости основания, определенные в соответствии с Д.5, следует **увеличить в 1,5 раза, а в другой – уменьшить в 1,5 раза**.



Т.е. нужно создать расчетные схемы с модулем деформации полученные с коэффициентом:

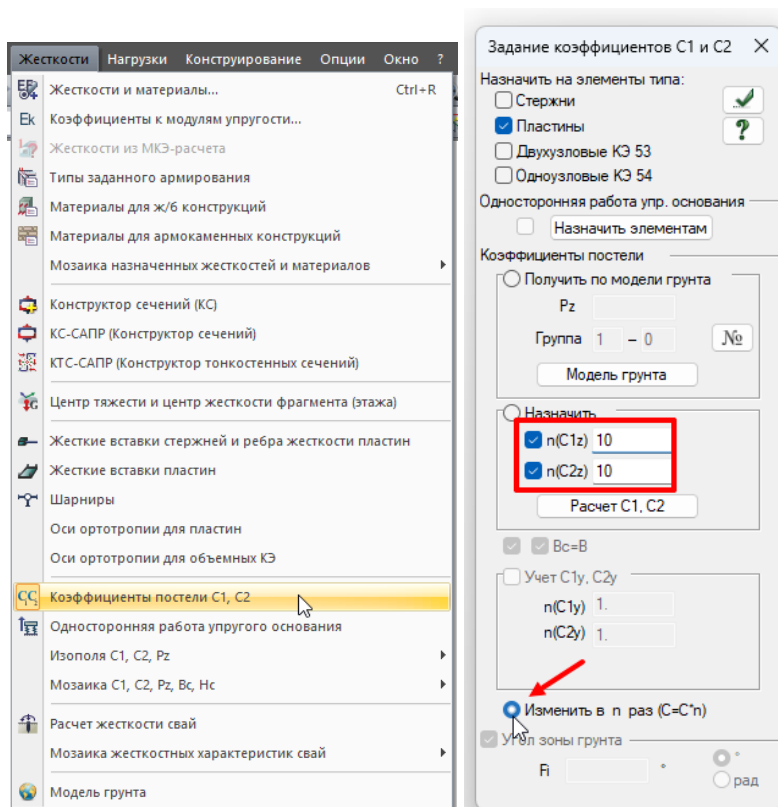
10; $10/1,5=6,67$; $10 \times 1,5=15$.

Д.5.2 При проектировании зданий и сооружений следует учитывать наибольшие значения сейсмических эффектов, полученные с применением двух расчетных моделей, принятых в соответствии с п. Д.5.1.

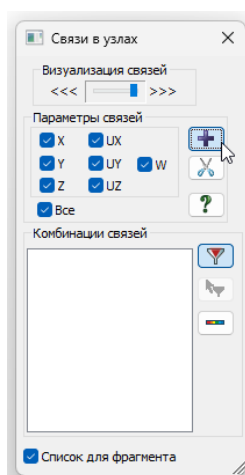
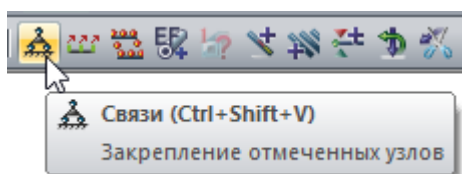
Д.6 При определении периодов и форм собственных колебаний зданий и сооружений, а также эффектов сейсмических воздействий распределительные свойства грунта за пределами площади подошвы фундамента, если они не подтверждены результатами соответствующих динамических испытаний, не учитываются.

Для задания увеличенных **коэффициентов постели** в программу необходимо:

1. Отметить элементы, где нужно увеличить коэффициент постели 
2. Перейти во вкладке «Жесткости» в «Коэффициенты постели»
3. В «Коэффициентах постели» нажать маркер «Изменить в n раз»
4. Прописать увеличение в 5...10 раз.
5. Нажать применить .



Для задания увеличенных жесткостей свай в программу рекомендовано зацепить сваи по нижнему концу. Для этого необходимо наложить связи.



8. Опасные геологические процессы

Сведения об опасных геологических процессах передаются в результатах изысканий. Инженер-конструктор, используя данные изысканий производит при необходимости расчеты проектируемого здания или закладывает дополнительные конструктивные элементы.

Справочная таблица 38. Опасные геологические процессы. (Приложение В. СП 116.13330.)

Территория	Зарегистрированные проявления опасных геологических процессов										
	Оползни	Обвалы	Сели	Лавины	Карст	Подтопление	Переработка берегов	Пучение	Наледеобразование	Термокарст	Затопление
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Республика Адыгея	+				+	+					+
Республика Алтай	+	+	+	+	+	+			+		
Республика Башкортостан	+				+	+		+			+
Республика Бурятия	+				+	+	+	+	+		+
Республика Дагестан	+				+	+	+				
Республика Ингушетия	+				+	+					
Республика Карелия						+		+			
Карачаево-Черкесская	+				+	+					
Кабардино-Балкарская	+		+	+	+	+					
Республика Калмыкия						+					+
Республика Коми					+	+	+	+			
Республика Марий Эл	+				+	+	+	+			
Республика Мордовия	+				+	+		+			
Республика Северная Осетия – Алания	+		+	+	+	+					
Республика Татарстан	+				+	+	+	+			
Республика Тыва	+				+	+		+	+		
Удмуртская Республика	+				+	+		+			
Республика Хакасия	+				+	+		+			
Чеченская Республика	+				+	+					
Чувашская Республика	+					+		+			
Республика Саха (Якутия)					+	+	+	+	+	+	+
Алтайский край	+				+	+	+	+	+		+
Краснодарский край	+	+	+	+	+	+	+				+
Красноярский край	+				+	+		+	+	+	+
Приморский край	+	+	+		+	+		+	+		+
Ставропольский край	+	+	+		+	+	+				
Хабаровский край	+				+	+	+	+	+	+	+
Архангельская область					+	+	+	+	+	+	+
Астраханская область						+	+	+			+
Амурская область	+				+	+		+	+		+
Белгородская область	+				+	+					
Брянская область	+				+	+					
Владимирская область	+				+	+	+	+			
Вологодская область					+	+		+			
Волгоградская область	+				+	+					
Воронежская область	+				+	+					
Еврейская автономная область					+	+		+			+
Ивановская область	+			+	+	+	+	+			
Иркутская область	+				+	+		+	+	+	+
Калининградская область	+		+			+	+				
Калужская область	+				+	+		+			
Камчатская область	+		+		+	+		+	+	+	
Кемеровская область	+	+			+	+	+	+			+
Кировская область	+				+	+	+	+			
Курганская область	+					+	+				
Костромская область	+				+	+		+			
Курская область	+				+	+					
Ленинградская область	+				+	+	+	+			+
Липецкая область					+	+					
Магаданская область	+	+		+		+	+	+	+	+	
Мурманская область								+			
Московская область	+	+			+	+		+			
Нижегородская область	+				+	+	+	+			
Новгородская область	+				+	+	+	+			
Новосибирская область	+	+			+	+	+	+			
Омская область	+					+		+			+
Оренбургская область					+	+					
Орловская область	+				+	+					
Пензенская область	+					+	+				
Пермская область	+	+			+	+	+	+			
Псковская область					+	+		+			
Ростовская область	+	+			+	+	+				+
Рязанская область					+	+		+			+

ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ
ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.

Территория	Зарегистрированные проявления опасных геологических процессов										
	Оползни	Обвалы	Сели	Лавины	Карст	Подтопление	Переработка берегов	Пучение	Наледеобразование	Термокарст	Затопление
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Самарская область	+				+	+	+				
Саратовская область	+				+	+	+				
Сахалинская область	+	+	+	+	+	+	+	+			+
Свердловская область	+	+	+		+	+	+	+			
Санкт-Петербург						+		+			
Смоленская область	+				+	+		+			+
Тверская область					+	+		+			
Тамбовская область	+					+	+	+			+
Тульская область	+	+			+	+	+	+			
Тюменская область	+					+	+	+	+	+	+
Тамбовская область						+		+			
Ульяновская область	+				+	+	+				
Челябинская область	+	+			+	+	+	+			
Читинская область					+	+	+	+	+	+	+
Ярославская область						+		+			

Справочная таблица 39. Расчеты в конструктивном разделе при проектировании конструкций здания.

№ п/п	Опасные геологические процессы	Необходимость расчетов здания. Описание методики расчета
1	Оползни	Проектирование отдельных противооползневых и противообвальных сооружений или инженерной защиты (изменение рельефа склона, регулирование стока подземных и поверхностных вод, закрепление грунтов) (п. 5. СП 116). К проектированию зданий рассматриваемого справочника данные геологические процессы не относятся.
2	Обвалы	
3	Сели	Проектирование отдельных сооружений. (п. 6. СП 116). К проектированию зданий рассматриваемого справочника данные геологические процессы не относятся.
4	Лавины	Проектирование отдельных сооружений или инженерной защиты (п. 7. СП 116). К проектированию зданий рассматриваемого справочника данные геологические процессы не относятся.
5	Карст	Может производиться карстовая защита, связанная со снижением карстово-суффозионных процессов (снижение выноса частиц) (п. 8. СП 116). Однако, как правило, карстовые проявления допускаются, и производится расчет на карстовую воронку определенного диаметра. Диаметр рассчитывается в результатах инженерно-геологических изысканиях и указывается необходимость расчета. Расчет заключается в проверке прочности и устойчивости после появления воронки. Для фундаментной плиты: Расчет выполняется путем исключения области опирания (коэффициент постели C равен 0) под фундаментной плитой. Для свай: Расчет выполняется путем исключения части сваи из расчета.
6	Подтопление	Проектирование отдельных сооружений или инженерной защиты (п. 10. СП 116). По результатам изысканий должны быть сведения о возможности подтопления. В расчетах данный фактор учитывается как ситуация с дополнительным давлением воды на стены подвала и фундамент. Должен быть произведен расчет на всплытие (см. часть 3 Справочника)
7	Подработка берегов	Проектирование отдельных сооружений или инженерной защиты (п. 9. СП 116).

№ п/п	Опасные геологические процессы	Необходимость расчетов здания. Описание методики расчета
		К проектированию зданий рассматриваемого справочника данные геологические процессы не относятся.
8	<u>Пучение</u>	<p>Имеющиеся в нормативной базе расчетные предпосылки справедливы, если подошва фундаментной плиты находится ниже глубины промерзания. В этом случае нет воздействия на нижнюю грань фундаментной плиты.</p> <p>Пучение воздействует на боковую поверхность подземных стен, фундаментов и свай в <u>пределах глубины промерзания грунта</u>.</p> <p>При этом рассматривается такая конструкция здания на сваях, которая «вывешивает» здание над землей.</p> <p>Расчет производится обычно для легких зданий (коттеджей) или на этапе строительства.</p> <p>Расчет заключается в том, чтобы удерживающая сила была больше, чем возникающая сила пучения.</p> <p>Условие устойчивости проверяется по формуле:</p> $\tau_{fh} A_{fh} - F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} F_{rf}$ <p>τ_{fh} – расчетная удельная касательная сила пучения, кПа определяется по таблице 6.12 СП 22. Или таблице Г.1 СП 24 (таблицы абсолютно одинаковые)</p> $\tau_{fh} = \tau_{fh1} k_\tau$ <p>A_{fh} – площадь боковой поверхности смерзания сваи/свай или стены/стен подвала и боковой грани/граней фундамента в пределах расчетной глубины сезонного промерзания-оттаивания грунта</p> <p>F – расчетная постоянная нагрузка с учетом временных выдерживающих, Кн.</p> $F = F_n \gamma_f$ <p>F_n – нормативная постоянная нагрузка с учетом временных выдерживающих, Кн.</p> <p>γ_f – коэффициент надежности по нагрузке, принимаемый равным 0,9.</p> <p>γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,0;</p> <p>γ_k – коэффициент надежности, принимаемый равным 1,1.</p> <p>F_{rf} – расчетное значение силы, удерживающей конструкцию от выпучивания вследствие трения ее боковой поверхности о талый грунт, лежащий ниже расчетной глубины промерзания, Кн</p> <p>В случае свай:</p> $F_{rf} = Nu \sum_{i=1}^n f_i h_i$ <p>формула Г.2. СП 24</p> <p>В случае подвальных стен и</p> $F_{rf} = \sum_{j=1}^n R_{fj} A_{fj}$ <p>формула 6.38 СП 22</p> <p>N – количество свай в расчете, шт</p> <p>u – периметр сечения сваи, м</p> <p>f_i – расчетное сопротивление <i>i</i>-го слоя талого грунта сдвигу по поверхности сваи, кПа, принимаемое по таблице 7.3 СП 24 (приведена ранее в справочнике при расчете свай).</p> <p>h_i – толщина <i>i</i>-го слоя талого грунта, расположенного <u>ниже</u> подошвы слоя промерзания-оттаивания, м.</p> <p>A_{fj} – площадь вертикальной поверхности сдвига в <i>j</i>-м слое грунта <u>ниже</u> расчетной глубины промерзания, м²</p> <p>R_{fj} – расчетное сопротивление талых грунтов сдвигу по боковой поверхности фундамента в <i>j</i>-м слое, кПа;</p>

№ п/п	Опасные геологические процессы	Необходимость расчетов здания. Описание методики расчета																			
		<p>Таблица Г1. СП 24. Таблица 6.12. СП 22.</p> <table border="1" data-bbox="515 349 1442 902"> <thead> <tr> <th data-bbox="515 349 1042 501" rowspan="2">Вид и характеристика</th> <th colspan="3" data-bbox="1050 349 1442 443">Значения τ_{fh1}, кПа, при глубине сезонного промерзания-оттаивания d_{th}, м</th> </tr> <tr> <th data-bbox="1050 443 1177 501">До 1,5</th> <th data-bbox="1185 443 1313 501">2,5</th> <th data-bbox="1321 443 1442 501">3,0 и более</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="515 501 1042 647">Супеси, суглинки и глины при показателе текучести $I_L > 0,5$, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые при показателе дисперсности $D > 5$ и степени влажности $S_r > 0,95$</td> <td data-bbox="1050 501 1177 647">110</td> <td data-bbox="1185 501 1313 647">90</td> <td data-bbox="1321 501 1442 647">70</td> </tr> <tr> <td data-bbox="515 647 1042 770">Супеси, суглинки и глины при $0,25 < I_L \leq 0,5$, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые при $D > 1$ и степени влажности $0,8 < S_r \leq 0,95$</td> <td data-bbox="1050 647 1177 770">90</td> <td data-bbox="1185 647 1313 770">70</td> <td data-bbox="1321 647 1442 770">55</td> </tr> <tr> <td data-bbox="515 770 1042 902">Супеси, суглинки и глины при $I_L \leq 0,25$, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые при $D > 1$ и степени влажности $0,6 < S_r \leq 0,8$</td> <td data-bbox="1050 770 1177 902">70</td> <td data-bbox="1185 770 1313 902">55</td> <td data-bbox="1321 770 1442 902">40</td> </tr> </tbody> </table> <p>Примечания:</p> <ol style="list-style-type: none"> Для промежуточных глубин промерзания τ_{fh} принимается интерполяцией. Значения τ_{fh1} для грунтов, используемых при обратной засыпке котлованов, принимается по первой строке таблицы. Коэффициент k_τ: при гладкой бетонной необработанной – 1; при шероховатой бетонной с выступами и кавернами до 5 мм – 1,1-1,2, при шероховатой бетонной с выступами и кавернами до 20 мм – 1,25-1,5; при металлической без специальной обработки – 0,8. <p>Пучинистые свойства крупнообломочных грунтов и песков, содержащих глинистые фракции, а также супесей при $I_p < 0,02$ определяют через показатель дисперсности D. Эти грунты относятся к непучинистым при $D < 1$, к пучинистым – при $D \geq 1$. Для слабопучинистых грунтов показатель D изменяется в пределах $1 < D < 5$.</p> $D = k/d_{cp}^2 e,$ <p>где k – коэффициент, равный $1,85 \times 10^{-4}$ см³; e – коэффициент пористости; d_{cp} – средний диаметр частиц грунта, см, вычисляемый по формуле: $d_{cp} = \left(\frac{p_1}{d_1} + \frac{p_2}{d_2} + \dots + \frac{p_i}{d_i} \right)^{-1},$ где p_1, p_2, \dots, p_i – содержание отдельных фракций грунта, доли единицы; При этом должно выполняться $p_1 + p_2 + \dots + p_i = 1$ d_1, d_2, \dots, d_i – средний диаметр частиц отдельных фракций, см.</p> $S_r = \frac{\gamma_s W}{\gamma_w e}$ <p>γ_s – удельный вес частиц грунта; γ_w – удельный вес воды; W – природная влажность.</p>	Вид и характеристика	Значения τ_{fh1} , кПа, при глубине сезонного промерзания-оттаивания d_{th} , м			До 1,5	2,5	3,0 и более	Супеси, суглинки и глины при показателе текучести $I_L > 0,5$, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые при показателе дисперсности $D > 5$ и степени влажности $S_r > 0,95$	110	90	70	Супеси, суглинки и глины при $0,25 < I_L \leq 0,5$, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые при $D > 1$ и степени влажности $0,8 < S_r \leq 0,95$	90	70	55	Супеси, суглинки и глины при $I_L \leq 0,25$, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые при $D > 1$ и степени влажности $0,6 < S_r \leq 0,8$	70	55	40
Вид и характеристика	Значения τ_{fh1} , кПа, при глубине сезонного промерзания-оттаивания d_{th} , м																				
	До 1,5	2,5	3,0 и более																		
Супеси, суглинки и глины при показателе текучести $I_L > 0,5$, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые при показателе дисперсности $D > 5$ и степени влажности $S_r > 0,95$	110	90	70																		
Супеси, суглинки и глины при $0,25 < I_L \leq 0,5$, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые при $D > 1$ и степени влажности $0,8 < S_r \leq 0,95$	90	70	55																		
Супеси, суглинки и глины при $I_L \leq 0,25$, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые при $D > 1$ и степени влажности $0,6 < S_r \leq 0,8$	70	55	40																		
9	Наледообразование	Проектирование отдельных сооружений или инженерной защиты (п. 13. СП 116).																			

№ п/п	Опасные геологические процессы	Необходимость расчетов здания. Описание методики расчета
		К проектированию зданий рассматриваемого справочника данные геологические процессы не относятся.
10	Термокарст	Термокарст связан с тепловыми просадками, связанными с оттаиванием льдистых грунтов и залежей подземных льдов. Расчет ведется с учетом СП25.13330. и п. 14. СП 116. В настоящем справочнике не рассматривается.
11	Затопление	Проектирование отдельных сооружений или инженерной защиты (п. 11. СП 116). К проектированию зданий рассматриваемого справочника данные геологические процессы не относятся.

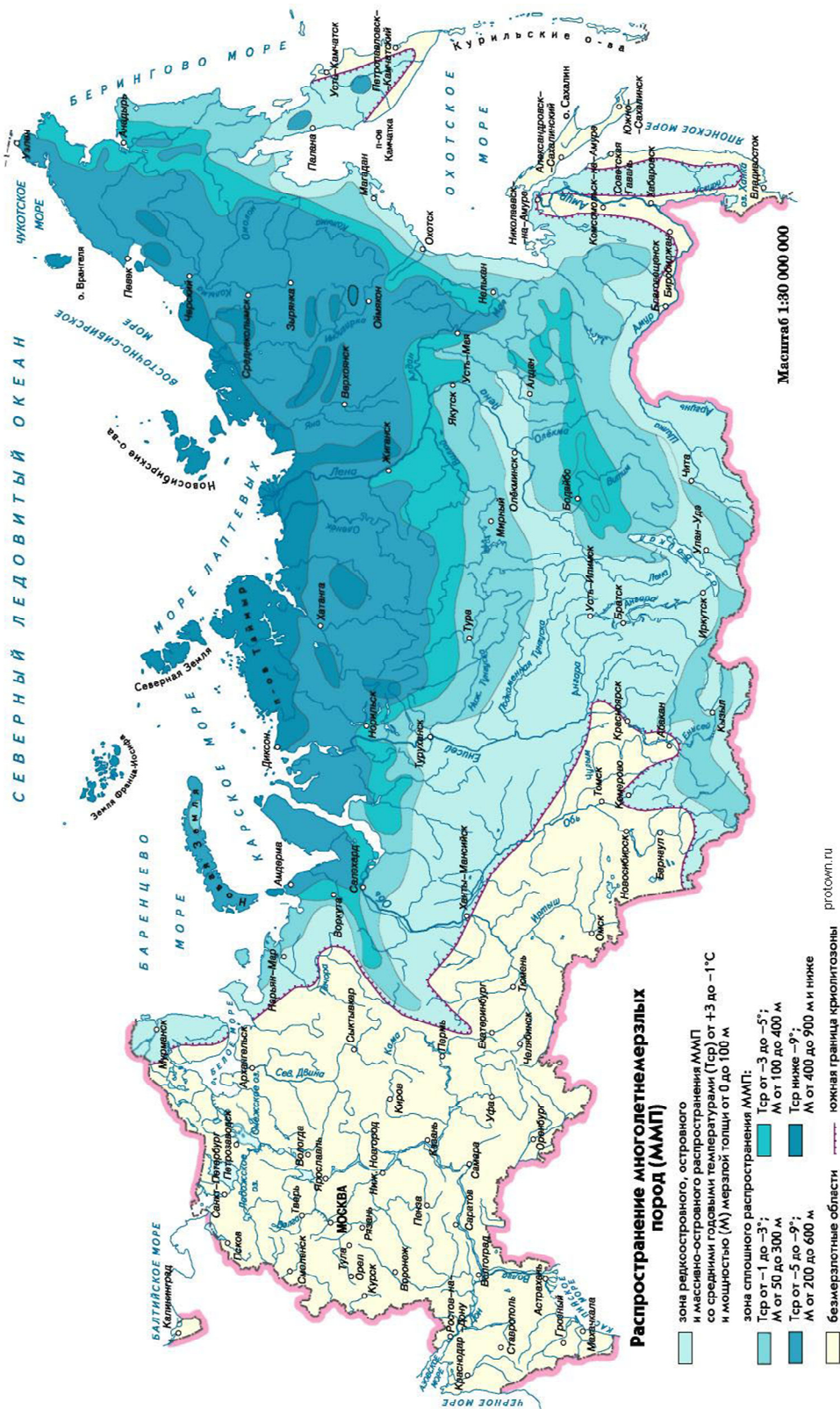


Карта карстовой и карстово-суффозионной опасности на территории г. Москвы.

1 – весьма опасная, 2 – опасная, 3 – малоопасная, 4 – весьма опасная, 5 – опасная, 6 – малоопасная
(Из книги Москва: Геология и город, 1997г.)

9. вечномерзлые грунты

Ниже приведена зона распространения вечномерзлых грунтов.



Приложение А. Пример определения расчетного сопротивления грунта под подошвой фундамента R

Произведем определение расчетного сопротивления грунта R для здания, рассматриваемого в настоящем справочнике.

ИГЭ	Наименование грунта	Плотность, г/см ³			Удельное сцепление, кПа			Угол вн. трения, град.			Модуль деформации, МПа *	Природная влажность	Число пластичности I _c	Показатель текучести I _p	Коэффициент пористости, e	Плотность частиц грунта
		Нормативное значение	Доверительная вероятность α = 0,85	Доверительная вероятность α = 0,95	Нормативное значение	Доверительная вероятность α = 0,85	Доверительная вероятность α = 0,95	Нормативное значение	Доверительная вероятность α = 0,85	Доверительная вероятность α = 0,95						
Грунты из 3 части справочника (приведены при определении давления грунта на подпорные стены)																
ИГЭ №1	Насыпной грунт: песок со строительным мусором). Слежавшийся.	1,84	1,83	1,82	0	0	0	26	25	24	10	0,1	-	-	0,65	2,65
ИГЭ №2	Песок средней крупности средней плотности	1,87	1,86	1,85	2	1	1	38	37	36	40	0,09	-	-	0,55	2,65

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_{\gamma}k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}]$$

$$R = \frac{1,4 \times 1,4}{1} (1,95 \times 0,47 \times 29,6 \times 10,44 + 8,81 \times 8,4 \times 14,19 + (8,81 - 1) \times 2 \times 14,19 + 10,37 \times 1) = 3068 \text{ кПа} = 312 \text{ т/м}^2$$

Определение γ_{c2}

$$L = 33,2 \text{ м}$$

$$H = 131,3 \text{ м}$$

$$\frac{L}{H} = \frac{33,2}{131,3} = 0,253$$

$$\gamma_{c2} = 1,4$$

$$\gamma_{c1} = 1,4 \text{ (пески, кроме мелких и пылеватых)}$$

$$b = 29,6 \text{ м (ширина фундамента).}$$

$$k = 1 \text{ (используются данные ИГИ)}$$

$$d_b = 2 \text{ м, поскольку глубина подвала более 2 м}$$

$$M_{\gamma} = 1,95 \text{ (при } \varphi_{II} = 37 \text{ град (доверительная вероятность } \alpha=0,85))$$

$$M_q = 8,81 \text{ (при } \varphi_{II} = 37 \text{ град)}$$



$$M_c = 10,37 \text{ (при } \varphi_{II} = 37 \text{ град)}$$

Поскольку $b \geq 10\text{м}$

$$k_z = \frac{z_0}{b} + 0,2 = \frac{8}{29,6} + 0,2 = 0,47$$

Поскольку $b \geq 10\text{м}$

$$z = z_1 + 0,1 b = 4 + 0,1 \times 29,6 = 6,96\text{м}$$

Наименование грунта	Скважина №4		
	Устье с учетом планировочной отметки 132,4м		
	Абс. отметка низа ИГЭ	Глубина заложения, м	Мощность, м
Насыпной ИГЭ №1	129,50	2,9	2,9
Песок ИГЭ №2	128,25	4,15	1,25
Песок ИГЭ №2 W	114,00	18,4	14,25
Суглинок ИГЭ №3	109,00	23,4	5
Глина ИГЭ №4	99,30	33,1	9,7
Глина ИГЭ №5	84,00	48,4	15,3
Известняк ИГЭ №6	74,00	60	11,6

В пределах глубины z в примере залегает один слой ИГЭ №2. Данный слой является обводненным, поэтому γ_{II} рассчитываем с учетом взвешивающего действия воды.

$$\gamma_{II} = \gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{2,65 \times 9,81 - 9,81}{1 + 0,55} = 10,44 \text{ кН/м}^3$$

γ_s – удельный вес частиц грунта;

γ_w – удельный вес воды;

e – коэффициент пористости

$$\varphi_{II} = 37 \text{ град}$$

$$c_{II} = 1 \text{ кПа}$$



Над подошвой фундамента залегают 3 слоя грунта:

1 слой	ИГЭ №1	$h_{1z} = 2,9\text{м}$	$\gamma'_{II(1)} = 1,83 \times 9,81 = 17,95 \text{кПа}$
2 слой	ИГЭ №2	$h_{2z} = 1,25\text{м}$	$\gamma'_{II(2)} = 1,86 \times 9,81 = 18,25 \text{кН/м}^3$
3 слой	ИГЭ №2 обводненный	$h_{3z} = 4,25\text{м}$	$\gamma'_{II(3)} = \gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{2,65 \times 9,81 - 9,81}{1 + 0,55} = 10,44 \text{кН/м}^3$

$$d_1 = h_{1z} + h_{2z} + h_{3z} = 2,90 + 1,25 + 4,25 = 8,4\text{м}$$

$$\gamma'_{II} = \frac{\gamma'_{II(1)} h_{1z} + \gamma'_{II(2)} h_{2z} + \gamma'_{II(3)} h_{3z}}{d_1} = \frac{17,95 \times 2,9 + 18,25 \times 1,25 + 10,44 \times 4,25}{8,4} = 14,19 \text{кН/м}^3$$

Приложение Б. Пример подбора свай

Шаг 1. Определение причин почему необходимы сваи.

В примере сваи необходимы для того, чтобы снизить возникшие осадки. Осадки возникли по причине наличия глинистых грунтов с низким модулем деформации E .

Т.е. необходимо пройти толщу суглинков и глин и опереться на грунты с большим модулем упругости. Это может быть песок гравелистый плотный или известняк. Очевидно, что в варианте с опиранием на песок длина свай будет меньше, однако при опирании на известняк потребуется меньшее количество свай.

В данном примере просчитаем длину свай, опирающейся на песок гравелистый плотный.

Шаг 2. Определение длины свай

Длина свай определяется минимальной глубиной заделки в грунт на 2м. Ввиду возможных неравномерностей грунта (скважины не дают информацию о местных неровностях) заделку осуществим минимум на 3м.

Красным отмечены абсолютные отметки низа глин, от наименьшей отметки нужно отнять 3м.

Наименьшая отметка имеется у скважин 3, 6 и 9: **96м:**

$$96 - 3 = 93\text{м}$$

Отметка 0.000 здания соответствует абсолютной отметке 133.3.

Отметка -9.300 здания соответствует абсолютной отметке 124.0.

$$124 - 93 = 31\text{м}$$

Наименование грунта	Скважина №1			Наименование грунта	Скважина №2		
	Абсолютная отметка устья 132,4м				Абсолютная отметка устья 132,4м		
	X = -2				X = 16,2		
	Y = -2				Y = -2		
	Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м		Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м
Насыпной ИГЭ №1	131,3	2,9	2,9	Насыпной ИГЭ №1	129,8	2,6	2,6
Песок ИГЭ №2	130,05	1,25	4,15	Песок ИГЭ №2	128,2	1,6	4,2
Песок ИГЭ №2 W	115,8	14,25	18,4	Песок ИГЭ №2 W	113,7	14,5	18,7
Суглинок ИГЭ №3 $I_L = 0,125$	110,8	5	23,4	Суглинок ИГЭ №3 $I_L = 0,125$	107,6	6,1	24,8
Глина ИГЭ №4 $I_L = 0,375$	101,1	9,7	33,1	Глина ИГЭ №4 $I_L = 0,375$	97,3	10,3	35,1
Песок ИГЭ №5 W	77,8	23,3	56,4	Песок ИГЭ №5 W	77,3	20	55,1
Известняк ИГЭ №6	64,2	13,6	70	Известняк ИГЭ №6	62,4	14,9	70

ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ
ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.

Наименование грунта	Скважина №3			Наименование грунта	Скважина №4		
	Абсолютная отметка устья 132,3 м				Абсолютная отметка устья 132,4 м		
	X = 34,4				X = -2		
	Y = -2				Y = 14,4		
	Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м		Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м
Насыпной ИГЭ №1	130,5	1,8	1,8	Насыпной ИГЭ №1	129,5	2,9	2,9
Песок ИГЭ №2	128,05	2,45	4,25	Песок ИГЭ №2	128,25	1,25	4,15
Песок ИГЭ №2 W	112,4	15,65	19,9	Песок ИГЭ №2 W	114	14,25	18,4
Суглинок ИГЭ №3 I_L = 0,125	106,2	6,2	26,1	Суглинок ИГЭ №3 I_L = 0,125	109	5	23,4
Глина ИГЭ №4 I_L = 0,375	96,2	10	36,1	Глина ИГЭ №4 I_L = 0,375	99,3	9,7	33,1
Песок ИГЭ №5 W	77,1	19,1	55,2	Песок ИГЭ №5 W	76	23,3	56,4
Известняк ИГЭ №6	62,3	14,8	70	Известняк ИГЭ №6	62,4	13,6	70

Наименование грунта	Скважина №5			Наименование грунта	Скважина №6		
	Абсолютная отметка устья 132,3 м				Абсолютная отметка устья 132,2 м		
	X = 16,2				X = 34,4		
	Y = 14,4				Y = 14,4		
	Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м		Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м
Насыпной ИГЭ №1	129,9	2,4	2,4	Насыпной ИГЭ №1	129,7	2,5	2,5
Песок ИГЭ №2	128,1	1,8	4,2	Песок ИГЭ №2	127,95	1,75	4,25
Песок ИГЭ №2 W	113,4	14,7	18,9	Песок ИГЭ №2 W	112,8	15,15	19,4
Суглинок ИГЭ №3 I_L = 0,125	107,3	6,1	25	Суглинок ИГЭ №3 I_L = 0,125	105,9	6,9	26,3
Глина ИГЭ №4 I_L = 0,375	97	10,3	35,3	Глина ИГЭ №4 I_L = 0,375	96,0	9,9	36,2
Песок ИГЭ №5 W	77	20	55,3	Песок ИГЭ №5 W	77,2	18,8	55
Известняк ИГЭ №6	62,3	14,7	70	Известняк ИГЭ №6	62,2	15	70

Наименование грунта	Скважина №7			Наименование грунта	Скважина №8		
	Абсолютная отметка устья 132,3 м				Абсолютная отметка устья 132,2 м		
	X = -2				X = 16,2		
	Y = 30,8				Y = 30,8		
	Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м		Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м
Насыпной ИГЭ №1	129,4	2,9	2,9	Насыпной ИГЭ №1	130	2,2	2,2
Песок ИГЭ №2	128,15	1,25	4,15	Песок ИГЭ №2	128	2	4,2
Песок ИГЭ №2 W	113,4	14,75	18,9	Песок ИГЭ №2 W	112,3	15,7	19,9
Суглинок ИГЭ №3 I_L = 0,125	109,2	4,2	23,1	Суглинок ИГЭ №3 I_L = 0,125	106,7	5,6	25,5
Глина ИГЭ №4 I_L = 0,375	98,9	10,3	33,4	Глина ИГЭ №4 I_L = 0,375	97,4	9,3	34,8
Песок ИГЭ №5 W	76	22,9	56,3	Песок ИГЭ №5 W	76,5	20,9	55,7
Известняк ИГЭ №6	62,3	13,7	70	Известняк ИГЭ №6	62,2	14,3	70



Наименование грунта	Скважина №9		
	Абсолютная отметка устья 132,1 м		
	X = 34,4		
	Y = 30,8		
	Абс. отметка подшвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м
Насыпной ИГЭ №1	129,7	2,4	2,4
Песок ИГЭ №2	127,85	1,85	4,25
Песок ИГЭ №2 W	112,4	15,45	19,7
Суглинок ИГЭ №3 I_L = 0,125	105,2	7,2	26,9
Глина ИГЭ №4 I_L = 0,375	96,2	9	35,9
Песок ИГЭ №5 W	76,9	19,3	55,2
Известняк ИГЭ №6	62,1	14,8	70

Шаг 3. Необходимо определить скважину и ли скважины, по которым будет выполняться расчет.

Необходимо оценить по Таблице 7.3. СП 24.13330.2021 расчетные сопротивления на боковой поверхности и выбрать скважину, в которой будет наименьшее сопротивление. Если провести такой анализ представляется сложным, то рассчитывать необходимо по нескольким скважинам.

Пример анализа:

По таблице 7.7. СП 24, что наибольшие расчетные сопротивления на боковой поверхности сваи будет у Крупного плотного песка (ИГЭ №5). Наименьшая толща, соприкасающаяся со свайей, у данного слоя будет в скважине **3, 6 и 9**.

Суглинок полутвердый обладает такими же расчетные сопротивления на боковой поверхности, как и песок средней крупности, так что необходимо в данном случае их рассматривать совместно как «один слой».

Сравнивая глину тугопластичную и песок средней крупности/суглинок полутвердый видно, что расчетные сопротивления на боковой поверхности меньше у глины, следовательно в расчет принимаем скважины, в которой большая мощность глины. Сравнивая 3, 6 и 9 скважину видим, что наибольшая толща глины имеется в 3 и 6 скважинах (отмечено **зеленым**).

Поскольку свая по скважине 3 имеет глубину соприкосновения с крупным песком несколько меньшую, чем свая по скважине 6, а толща глин не сильно отличается, **принимаем в расчет скважину 6**.

Шаг 4. Определяем тип сваи.

Забивные и вдавливаемые сваи применить невозможно, поскольку длина превышает 28м. Классическим вариантом являются буронабивные сваи, которые будут изготавливаться в инвентарных извлекаемых стальных трубах. Поскольку имеются грунтовые воды, то коэффициенты $\gamma_{R,f}$ принимаются как при бетонировании под водой.

Шаг 5. Определение несущей способности свай по грунту

Определение сопротивления доковой поверхности

Наименование грунта	Скважина №3					
	Абсолютная отметка устья 132,3 м					
	Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Глубина залегания от уровня природного рельефа (поскольку подсыпка происходит на 0,1-0,3 м, что меньше 3м)	f_i , кПа по таблице 7.3 СП 24.	h_i , м мощность слоя	$\gamma_{R,f}$ по таблице 7.6 (при бетони-ровании под водой)	Произведение $\gamma_{R,f} f_i h_i$, кН/м
Насыпной грунт: песок со строительным мусором) ИГЭ №1	Не участвуют в расчете данной сваи					
Песок средней крупности, средней плотности ИГЭ №2	Не участвуют в расчете данной сваи					
Верх сваи Песок средней крупности, средней плотности ИГЭ №2 W	124,00	132,3-124,0=8,3				
	123,3	132,3-123,3=9	63,5	9-8,3+0,5=1,2	0,6	45,72
	122,3	132,3-122,3=10	65	1	0,6	39,00
	121,3	132,3-121,3=11	66,4	1	0,6	39,84
	120,3	132,3-120,3=12	67,8	1	0,6	40,68
	119,3	132,3-119,3=13	69,2	1	0,6	41,52
	118,3	132,3-118,3=14	70,6	1	0,6	42,36
	117,3	132,3-117,3=15	72	1	0,6	43,20
	116,3	132,3-116,3=16	73,4	1	0,6	44,04
	115,3	132,3-115,3=17	74,8	1	0,6	44,88
	114,3	132,3-114,3=18	76,2	1	0,6	45,72
	113,3	132,3-113,3=19	77,6	19,5-19+0,5=1	0,6	46,56
Суглинок полутвердый ИГЭ №3 $I_L = 0,125$	112,8	132,3-112,8=19,5				
	112,8	132,3-112,8=19,5				
	112,3	132,3-112,3=20	79	20-19,5+0,5=1	0,6	47,40
	111,3	132,3-111,3=21	80,4	1	0,6	48,24
	110,3	132,3-110,3=22	81,8	1	0,6	49,08
	109,3	132,3-109,3=23	83,2	1	0,6	49,92
	108,3	132,3-108,3=24	84,6	1	0,6	50,76
	107,3	132,3-107,3=25	86	1	0,6	51,60
106,3	132,3-106,3=26	87,4	26,4-26+0,5=0,9	0,6	47,20	
Глина тугопластичная ИГЭ №4 $I_L = 0,375$	105,9	132,3-105,9=26,4				
	105,9	132,3-105,9=26,4				
	105,3	132,3-105,3=27	49,65	27-26,4+0,5=1,1	0,6	32,77
	104,3	132,3-104,3=28	50,35	1	0,6	30,21
	103,3	132,3-103,3=29	51,05	1	0,6	30,63
	102,3	132,3-102,3=30	51,75	1	0,6	31,05
	101,3	132,3-101,3=31	52,4	1	0,6	31,44
	100,3	132,3-100,3=32	53,05	1	0,6	31,83
	99,3	132,3-99,3=33	53,7	1	0,6	32,22
	98,3	132,3-98,3=34	54,35	1	0,6	32,61
	97,3	132,3-97,3=35	55	1	0,6	33,00
96,3	132,3-96,3=36	55,65	36,3-36+0,5=0,8	0,6	26,71	
96,0	132,3-96,0=36,3					
Песок гравелистый плотный ИГЭ №5 W $\phi = 39^\circ$ при доверительной вероятности 0,95 Низ сваи	96,0	132,3-96,0=36,3				
	95,3	132,3-95,3=37	102,8x1,3=133,64	37-36,3+0,5=1,2	0,6	96,22
	94,3	132,3-94,3=38	104,2x1,3=135,46	1	0,6	81,28
	93,3	132,3-93,3=39	105,6x1,3=137,28	39,3-39+0,5=0,8	0,6	65,89
93	132,3-93=39,3					
					Сумма Σ	1373,58
Известняк малопрочный среднетрещиноватый ИГЭ №6	Не участвуют в расчете данной сваи					

Определение расчетного сопротивления под пятой

$$R = 0,75\alpha_4(\alpha_1\gamma'_1d + \alpha_2\alpha_3\gamma_1h) = 0,75 \times 0,21(163 \times 10,79 \times 1,3 + 260 \times 0,77 \times 14,62 \times 39,3) = 18477 \text{ кПа}$$

R по таблице 7.2 составляет $10400 \times 1,6 = 16640$ кПа (с учетом примечания о плотных песках), что превышает 18477 кПа. В расчет принимаем 16640 кПа.

По таблице 7.7. СП 24 при $\varphi = 39^\circ$

$$\alpha_1 = 163$$

$$\alpha_2 = 260$$

$d = 1,3$ м (внешний диаметр обсадной трубы)

$$h = 132,3 - 93 = 39,3 \text{ м}$$

$$\frac{39,3}{1,3} = 30,2$$

Поскольку $30,2 > 25$ $\alpha_3 = 0,77$

Поскольку $d = 1,3$ м $\alpha_4 = 0,21$

γ'_1 - расчетное значение удельного веса грунта, кН/м³, в основании сваи (при водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды);

ИГЭ №5 обводненный.

$$\gamma'_1 = \gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{2,65 \times 9,81 - 9,81}{1 + 0,5} = 10,79 \text{ кН/м}^3$$

γ_1 - осредненное (по слоям) расчетное значение удельного веса грунтов, кН/м³, расположенных выше нижнего конца сваи (при водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды);

1 слой	ИГЭ №1	$h_{1z} = 2,5$ м	$\gamma_{1z} = 1,82 \times 9,81 = 17,85$ кПа
2 слой	ИГЭ №2	$h_{2z} = 1,75$ м	$\gamma_{2z} = 1,85 \times 9,81 = 17,9$ кПа
3 слой	ИГЭ №2 обводненный	$h_{3z} = 15,15$ м	$\gamma_{3z} = \gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{2,65 \times 9,81 - 9,81}{1 + 0,55} = 10,44$ кН/м ³
4 слой	ИГЭ №3	$h_{4z} = 6,9$ м	$\gamma_{4z} = 1,73 \times 9,81 = 16,97$ кПа
5 слой	ИГЭ №4	$h_{5z} = 9,9$ м	$\gamma_{5z} = 1,95 \times 9,81 = 19,13$ кПа
6 слой	ИГЭ №5 обводненный	$h_{6z} = 3$ м	$\gamma_{6z} = \gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{2,65 \times 9,81 - 9,81}{1 + 0,5} = 10,79$ кН/м ³

$$\gamma_1 = \frac{\gamma_{1z}h_{1z} + \gamma_{2z}h_{2z} + \gamma_{3z}h_{3z} + \gamma_{4z}h_{4z} + \gamma_{5z}h_{5z} + \gamma_{6z}h_{6z}}{h_{1z} + h_{2z} + h_{3z} + h_{4z} + h_{5z} + h_{6z}} =$$



$$= \frac{2,5 \times 17,85 + 1,75 \times 17,9 + 15,15 \times 10,44 + 6,9 \times 16,97 + 9,9 \times 19,13 + 3 \times 10,79}{2,5 + 1,75 + 15,15 + 6,9 + 9,9 + 3} = 14,62 \text{ кН/м}^3$$

Определение γ_c

$\gamma_c = 1$, поскольку нет опирания на лессовые грунты или на глинистые грунты со степенью влажности $S_r < 0,85$

$\gamma_{R,R} = 1$, поскольку рассматриваемые сваи не относятся к сваям с камуфлетными уширениями, буронабивным сваям диаметром 0,15–0,35 м, выполняемые с уплотнением окружающего грунта путем обработки скважины по разрядно-импульсной технологии (РИТ) серией разрядов импульсов тока высокого напряжения, а также к сваям с уширением, устраиваемых путем механического разбухания грунта

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \times 1,3^2}{4} = 1,327 \text{ м}^2$$

$$u = \pi d = 3,14 \times 1,3 = 4,082 \text{ м}$$

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{R,R} R A + u \sum \gamma_{R,f} f_i h_i) = 1 (1 \times 16640 \times 1,327 + 4,082 \times 1373,58) = 27\,688 \text{ кН}$$

$\gamma_n = 1,1$ – коэффициент надежности по ответственности для рассматриваемого в справочнике здания высотой более 100 м

$\gamma_{c,g} = 1,4$ – коэффициент надежности по грунту, поскольку несущая способность свай определена расчетом с использованием таблиц СП 24.

При расчетах должно выполняться условие несущей способности свай **по грунту** исходя из условия:

$$N \leq \frac{F_d}{\gamma_n \gamma_{c,g}} = \frac{27688}{1,1 \times 1,4} = 17979 \text{ кН}$$

Шаг 6. Определение примерного количества свай

Нагрузка на сваи распределяется неравномерно. Разница в усилиях может составлять примерно в 1,5..2,5 раза.

Нормативная нагрузка от рассматриваемого здания 603 326 кН.

Оценочная расчетная нагрузка для подбора свай: 603 326 × 2,5 = 1 508 315 кН.

2,5 – коэффициент, учитывающий ответственность здания, коэффициенты надежности по нагрузке, перегрузку крайних свай от ветра, факторы увеличения сечений при дальнейшем проектировании, а также неравномерность распределения нагрузок между сваями. Данный коэффициент не нормирован и принимается по опыту проектирования.

$$1\,508\,315 / 17947 = 84 \text{ штуки}$$



Приложение В. Пример подбора сваи-стойки.

Шаг 1. Определение причин почему необходимы сваи.

В примере сваи необходимы для того, чтобы снизить возникшие осадки. Осадки возникли по причине наличия глинистых грунтов с низким модулем деформации **E**.

В примере данный вариант является альтернативным рассмотренному ранее для висячей сваи (рассмотрена в приложении Б).

Скальным грунтом является известняк малопрочный, среднетрешиноватый.

Шаг 2. Определение длины сваи

Длина сваи определяется минимальной глубиной заделки в грунт на 0,5м. Ввиду возможных неравномерностей грунта (скважины не дают информацию о местных неровностях) заделку осуществим минимум на 1м.

Красным отмечены абсолютные отметки низа глины, от **наименьшей** отметки **нужно отнять 1м**.

Наименьшая отметка имеется у скважин **4 и 7: 76м:**

$$76-1=75\text{м}$$

Отметка 0.000 здания соответствует абсолютной отметке 133.3.

Отметка -9.300 здания соответствует абсолютной отметке 124.0.

$$124-75=49\text{м}$$

Наименование грунта	Скважина №1			Наименование грунта	Скважина №2		
	Абсолютная отметка устья 132,4м				Абсолютная отметка устья 132,4м		
	X = -2				X = 16,2		
	Y = -2				Y = -2		
	Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м		Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м
Насыпной ИГЭ №1	131,3	2,9	2,9	Насыпной ИГЭ №1	129,8	2,6	2,6
Песок ИГЭ №2	130,05	1,25	4,15	Песок ИГЭ №2	128,2	1,6	4,2
Песок ИГЭ №2 W	115,8	14,25	18,4	Песок ИГЭ №2 W	113,7	14,5	18,7
Суглинок ИГЭ №3 I_L = 0,125	110,8	5	23,4	Суглинок ИГЭ №3 I_L = 0,125	107,6	6,1	24,8
Глина ИГЭ №4 I_L = 0,375	101,1	9,7	33,1	Глина ИГЭ №4 I_L = 0,375	97,3	10,3	35,1
Песок ИГЭ №5 W	77,8	23,3	56,4	Песок ИГЭ №5 W	77,3	20	55,1
Известняк ИГЭ №6	64,2	13,6	70	Известняк ИГЭ №6	62,4	14,9	70

ЧАСТЬ 5. ОСНОВАНИЕ ЗДАНИЯ. ПЛИТНЫЙ
ФУНДАМЕНТ. СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ.

Наименование грунта	Скважина №3			Наименование грунта	Скважина №4		
	Абсолютная отметка устья 132,3 м				Абсолютная отметка устья 132,4 м		
	X = 34,4				X = -2		
	Y = -2				Y = 14,4		
	Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м		Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м
Насыпной ИГЭ №1	130,5	1,8	1,8	Насыпной ИГЭ №1	129,5	2,9	2,9
Песок ИГЭ №2	128,05	2,45	4,25	Песок ИГЭ №2	128,25	1,25	4,15
Песок ИГЭ №2 W	112,4	15,65	19,9	Песок ИГЭ №2 W	114	14,25	18,4
Суглинок ИГЭ №3 $I_L = 0,125$	106,2	6,2	26,1	Суглинок ИГЭ №3 $I_L = 0,125$	109	5	23,4
Глина ИГЭ №4 $I_L = 0,375$	96,2	10	36,1	Глина ИГЭ №4 $I_L = 0,375$	99,3	9,7	33,1
Песок ИГЭ №5 W	77,1	19,1	55,2	Песок ИГЭ №5 W	76	23,3	56,4
Известняк ИГЭ №6	62,3	14,8	70	Известняк ИГЭ №6	62,4	13,6	70

Наименование грунта	Скважина №5			Наименование грунта	Скважина №6		
	Абсолютная отметка устья 132,3 м				Абсолютная отметка устья 132,2 м		
	X = 16,2				X = 34,4		
	Y = 14,4				Y = 14,4		
	Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м		Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м
Насыпной ИГЭ №1	129,9	2,4	2,4	Насыпной ИГЭ №1	129,7	2,5	2,5
Песок ИГЭ №2	128,1	1,8	4,2	Песок ИГЭ №2	127,95	1,75	4,25
Песок ИГЭ №2 W	113,4	14,7	18,9	Песок ИГЭ №2 W	112,8	15,15	19,4
Суглинок ИГЭ №3 $I_L = 0,125$	107,3	6,1	25	Суглинок ИГЭ №3 $I_L = 0,125$	105,9	6,9	26,3
Глина ИГЭ №4 $I_L = 0,375$	97	10,3	35,3	Глина ИГЭ №4 $I_L = 0,375$	96,0	9,9	36,2
Песок ИГЭ №5 W	77	20	55,3	Песок ИГЭ №5 W	77,2	18,8	55
Известняк ИГЭ №6	62,3	14,7	70	Известняк ИГЭ №6	62,2	15	70

Наименование грунта	Скважина №7			Наименование грунта	Скважина №8		
	Абсолютная отметка устья 132,3 м				Абсолютная отметка устья 132,2 м		
	X = -2				X = 16,2		
	Y = 30,8				Y = 30,8		
	Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м		Абс. отметка подошвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м
Насыпной ИГЭ №1	129,4	2,9	2,9	Насыпной ИГЭ №1	130	2,2	2,2
Песок ИГЭ №2	128,15	1,25	4,15	Песок ИГЭ №2	128	2	4,2
Песок ИГЭ №2 W	113,4	14,75	18,9	Песок ИГЭ №2 W	112,3	15,7	19,9
Суглинок ИГЭ №3 $I_L = 0,125$	109,2	4,2	23,1	Суглинок ИГЭ №3 $I_L = 0,125$	106,7	5,6	25,5
Глина ИГЭ №4 $I_L = 0,375$	98,9	10,3	33,4	Глина ИГЭ №4 $I_L = 0,375$	97,4	9,3	34,8
Песок ИГЭ №5 W	76	22,9	56,3	Песок ИГЭ №5 W	76,5	20,9	55,7
Известняк ИГЭ №6	62,3	13,7	70	Известняк ИГЭ №6	62,2	14,3	70



Наименование грунта	Скважина №9		
	Абсолютная отметка устья 132,1 м		
	X = 34,4		
	Y = 30,8		
	Абс. отметка подшвы (низа) ИГЭ	Мощность, м	Глубина залегания, м
Насыпной ИГЭ №1	129,7	2,4	2,4
Песок ИГЭ №2	127,85	1,85	4,25
Песок ИГЭ №2 W	112,4	15,45	19,7
Суглинок ИГЭ №3 $I_L = 0,125$	105,2	7,2	26,9
Глина ИГЭ №4 $I_L = 0,375$	96,2	9	35,9
Песок ИГЭ №5 W	76,9	19,3	55,2
Известняк ИГЭ №6	62,1	14,8	70

Шаг 2. Определение несущей способности сваи по грунту

Расчетные и нормативные значения предела прочности на одноосное сжатие скального грунта в водонасыщенном состоянии:

$$R_c = 9,3 \text{ МПа} = 9300 \text{ кПа}$$

Коэффициент, учитывающий снижение прочности ввиду трещиноватости скальных грунтов по таблице 7.1. СП 24

$$K_s = 0,32$$

$$R_m = R_c K_s = 0,32 \times 9300 = 2976 \text{ кПа}$$

При $l_d < 0,5 \text{ м}$

$$R = R_m = 2976 \text{ кПа}$$

Максимальное значение R может быть не более 20000 кПа, что выполняется.

Минимальное значение R определяем при $\varphi = 32^\circ$ по скважине 7 (в скважине 7 значение γ_1 получится меньше, чем в скважине 4) по формуле:

$$R = 0,75 \alpha_4 (\alpha_1 \gamma'_1 d + \alpha_2 \alpha_3 \gamma_1 h) = 0,75 \times 0,24 (41,6 \times 22,07 \times 1,2 + 75,8 \times 0,65 \times 13,21 \times 57,3) = 6911 \text{ кПа}$$

В расчет принимаем $R = 6911 \text{ кПа}$

По таблице 7.7. СП 24 при $\varphi = 32^\circ$

$$\alpha_1 = 41,6$$

$$\alpha_2 = 75,8$$

$d = 1,2\text{м}$ (внутренний диаметр обсадной трубы)

$$h = 132,3 - 75 = 57,3\text{м}$$

$$\frac{83,3}{1,2} = 69,4$$

Поскольку $69,4 > 25$ $\alpha_3 = 0,65$

Поскольку $d = 1,2$ $\alpha_4 = 0,24$

γ'_1 - расчетное значение удельного веса грунта, кН/м³, в основании сваи (при водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды);

ИГЭ №6

$$\gamma'_1 = 2,25 \times 9,81 = 22,07 \text{кН/м}^3$$

γ_1 - среднее (по слоям) расчетное значение удельного веса грунтов, кН/м³, расположенных выше нижнего конца сваи (при водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды);

1 слой	ИГЭ №1	$h_{1z} = 2,9\text{м}$	$\gamma_{1z} = 1,82 \times 9,81 = 17,85 \text{кПа}$
2 слой	ИГЭ №2	$h_{2z} = 1,25\text{м}$	$\gamma_{2z} = 1,85 \times 9,81 = 17,9 \text{кПа}$
3 слой	ИГЭ №2 обводненный	$h_{3z} = 14,75\text{м}$	$\gamma_{3z} = \gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{2,65 \times 9,81 - 9,81}{1 + 0,55} = 10,44 \text{кН/м}^3$
4 слой	ИГЭ №3	$h_{4z} = 4,2\text{м}$	$\gamma_{4z} = 1,73 \times 9,81 = 16,97 \text{кПа}$
5 слой	ИГЭ №4	$h_{5z} = 10,3\text{м}$	$\gamma_{5z} = 1,95 \times 9,81 = 19,13 \text{кПа}$
6 слой	ИГЭ №5 обводненный	$h_{6z} = 22,9\text{м}$	$\gamma_{6z} = \gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{2,65 \times 9,81 - 9,81}{1 + 0,5} = 10,79 \text{кН/м}^3$

$$\gamma_1 = \frac{\gamma_{1z}h_{1z} + \gamma_{2z}h_{2z} + \gamma_{3z}h_{3z} + \gamma_{4z}h_{4z} + \gamma_{5z}h_{5z} + \gamma_{6z}h_{6z}}{h_{1z} + h_{2z} + h_{3z} + h_{4z} + h_{5z} + h_{6z}} =$$

$$= \frac{17,85 \times 2,9 + 17,9 \times 1,25 + 10,44 \times 14,75 + 16,97 \times 4,2 + 19,13 \times 10,3 + 10,79 \times 22,9}{2,9 + 1,25 + 14,75 + 4,2 + 10,3 + 22,9} =$$

$$= 13,21 \text{кН/м}^3$$

$$F_d = F_{db}$$

$\gamma_c = 1$ - коэффициент условий работы.



$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \times 1,2^2}{4} = 1,13 \text{ м}^2$$

$d = 1,2 \text{ м}$ (внутренний диаметр обсадной трубы)

$$F_{db} = \gamma_c R A = 1 \times 6911 \times 1,13 = 7809,4 \text{ кПа}$$

$\gamma_n = 1,1$ – коэффициент надежности по ответственности для рассматриваемого в справочнике здания высотой более 100 м

$\gamma_{c,g} = 1,4$ – коэффициент надежности по грунту, поскольку несущая способность сваи определена расчетом с использованием таблиц СП 24.

При расчетах должно выполняться условие несущей способности сваи **по грунту** исходя из условия:

$$N \leq \frac{F_d}{\gamma_n \gamma_{c,g}} = \frac{7809,4}{1,1 \times 1,4} = 5071 \text{ кН}$$

От автора: сравнивая результаты расчета приложения Б и В можно увидеть, что не всегда опирание на скальный грунт приводит к желаемому результату по повышению несущей способности. В рассмотренном примере имеются дисперсные грунты с отличными прочностными свойствами, что позволяет использовать сваяние сваи с большей несущей способностью, чем сваи-стойки.

Однако, следует отметить, что сваи-стоки будут необходимы (даже если их несущая способность будет ниже, чем у сваяние свай) в случае, в котором не будут выполняться условия по осадкам/относительным разностям осадок, а также по перемещению верха здания. Данная необходимость будет обусловлена тем, что модуль деформации скального грунта минимум в 20...100 раз выше, чем у дисперсного.

Поднять несущую способность в скальном грунте поможет только ее работа за счет боковой поверхности, т.е. придется заделывать сваю на некоторую глубину.

Приложение Г. Пример определения расчетной длины сваи

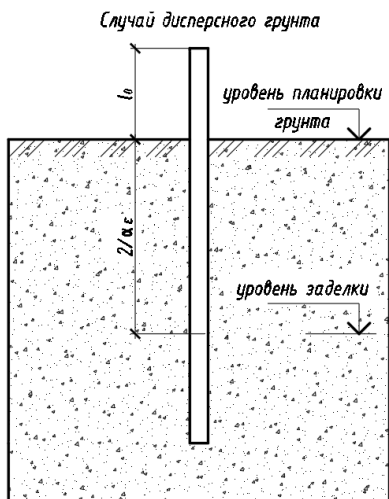
Определим расчетную длину для свай, использованных в рассматриваемых в примере.

Расчетная длина сваи определяется согласно п. 7.1.8 СП 24 с учетом приложения Б.5 СП 24.

Свая считается жестко заделанной в дисперсный грунт на расстоянии:

$$l_1 = l_0 + \frac{2}{\alpha_\varepsilon} = 0 + \frac{2}{0,243} = 8,23 \text{ м}$$

l_0 – длина участка сваи от подошвы высокового ростверка до уровня планировки грунта (расстояние на которое свая выходит из грунта), м. В рассматриваемом примере $l_0 = 0$.



$$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{\alpha_i K b_p}{EI}} = \sqrt[5]{\frac{0,243 \times 6000 \times 2,3}{21\,600\,000 \times 0,0829}} = 0,285$$

α_i – понижающий коэффициент, учитывающий взаимное влияние свай

$$\alpha_i = \gamma_{c,c} \left(0,0772 \frac{l_{cp}}{d} - 0,098 \ln(n) + 0,5341 \right) = 1 \left(0,0772 \frac{2,5}{1,3} - 0,098 \ln(88) + 0,5341 \right) = 0,243$$

$l_{cp} = 2,5 \text{ м}$ – усредненное расстояние между сваями (в запас может быть принято по минимальному расстоянию между сваями)

$\gamma_{c,c} = 1$ для всех видов свай, кроме забивных свай сплошного сечения

$d = 1,3 \text{ м}$ – диаметр или сторона поперечного сечения сваи, м

$n = 88$ – количество свай в кусте

$K = 6000 \text{ кН/м}^4$ – для песка средней крупности при $e = 0,55$

Поскольку диаметр для круглой / сторона для прямоугольной $d \geq 0,8$, то

$$b_p = d + 1 = 1,3 + 1 = 2,3 \text{ м}$$

$E = 0,6E_b = 0,6 \times 36\,000\,000 = 21\,600\,000$ – модуль упругости сваи, кПа

$E_b = 36\,000\,000$ кПа – начальный модуль упругости, определенный по таблице 6.11 СП 63. Для бетона В40

0,6 коэффициент по п. 6.2.7 СП 430.

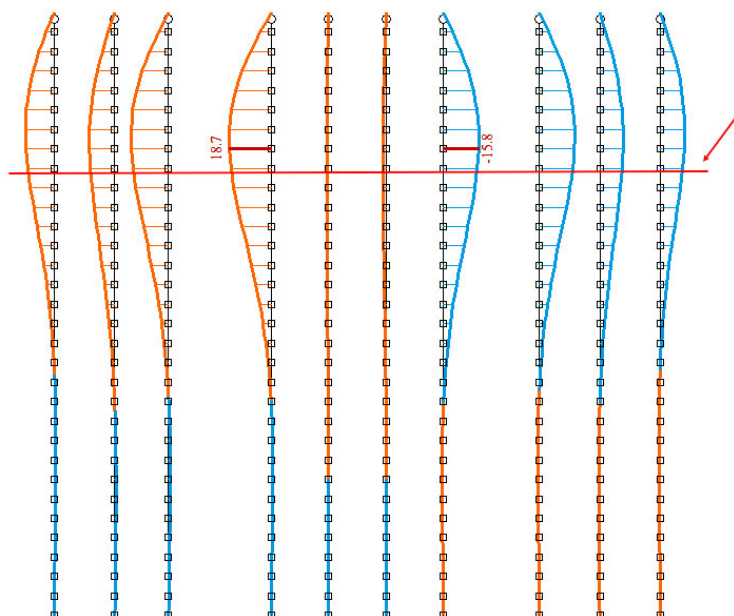
I – момент инерции сечения сваи, м⁴

Момент инерции круглого сечения сваи:

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3,14 \times 1,3^2}{64} = 0,0829 \text{ м}^4$$

d – диаметр сваи, м

Если посмотреть расчетную схему, то можно увидеть наступление заделки (длина $l_1 = 8,23$ м) наступает чуть ниже места падения максимального значения момента в свае.



Коэффициент расчетной длины сваи

Условия сопряжения сваи	Коэффициент расчетной длины k по п.8.1.17 СП63.	Расчетная длина
Шарнирное сопряжение Ростверк упирается в грунт или в соседние фундаменты, которые опираются в грунт.	1,5 (для элементов с податливым шарнирным опиранием (допускающим ограниченное смещение опоры) на одном конце, а на другом конце с жесткой (без поворота) заделкой)	$l_{\text{расч}} = kl_1$ $= 1,5 \times 8,23$ $= 12,34 \text{ м}$