

Расчёт микросвайного фундамента

Программа:	Куст свай
Файл:	Demo_manual_en_36.gsp

Целью данного руководства является объяснение использования программы GEO5 – Pile Group для расчёта микросвайного фундамента.

Назначение:

Расчёт микросвайного фундамента под башенным краном производится в соответствии с *EN 1997 – DA2*. На рис. 1 показана схема микросвайного фундамента. Координаты и наклон отдельных микросвай представлены в табл. 1. Микросваи изготовлены из стали (S355) и имеют сечение ТК 108 х 20. Общая длина микросвай составляет 7,0 м и они разделены на три части. Нижняя часть представляет собой основание диаметром 0,3 м и длиной 3,0 м. Следующая часть — это свободная микросвая длиной 3,0 м и последняя часть — соединительная микросвая с оголовком длиной 1,0 м. Геологический профиль данной задачи показан в табл. 2. Грунтовые воды не учитываются. Рассчитаем вертикальные пружины вдоль основания микросваи, «Модуль реакции на сдвиг $k_v = 45.00 \ MH/m^3$ » которых будет постоянным вдоль основания микросваи, а жёсткость «Пружины на основании $k_p = 5.00 \ MH/m$ » будет использоваться в расчёте. «Средний предел поверхностного трения» для проверки основания микросваи был определён путём геоизысканий как $q_{sav} = 350.00 \ \kappa \Pi a$.



Рис. 1. Схема микросвайного фундамента.

GE05

Muknocega No	X	Ŷ	Наклон	
Wanpocour N2	[м]	[м]	[°]	
1	-0.77	-1.57	0.00	
2	0.77	-1.57	0.00	
3	-1.57	-0.77	0.00	
4	0.00	-0.92	0.00	
5	1.57	-0.77	0.00	
6	-0.92	0.00	0.00	
7	0.92	0.00	0.00	
8	-1.57	0.77	0.00	
9	0.00	0.92	0.00	
10	1.57	0.77	0.00	
11	-0.77	1.57	0.00	
12	0.77	1.57	0.00	
13	-1.57	-1.57	15.00	
14	1.57	-1.57	15.00	
15	1.57	1.57	15.00	
16	-1.57	1.57	15.00	

Таба	1	Koo	nduuan	06111	uavaou		nocoa	й
ruon.	1.	LOO	роинип	пы и	никлон	мик	росви	u

Грунт	Глубина [м]	γ [κΗ/m³]	φ _{ef} [°]	с _{еf} [кПа]	ν [-]	Е _{def} [МПа]	k [MH/м³]	β [°]
Грунт 1 (CL, CI)	0.00 - 1.90	21.00	19.00	30.00	0.40	10.00	150.00	9.50
Грунт 2 (ML, MI)	1.90 - 3.10	20.00	21.00	12.00	0.40	4.00	200.00	10.50
Грунт 3 (G-F)	3.10 - 4.90	19.00	35.50	0.00	0.25	95.00	250.00	12.75
Грунт 4 (GP)	4.90 - 6.50	20.00	38.50	0.00	0.20	210.00	320.00	19.25
Грунт 5 (CH, CV, CE)	> 6.50	20.50	15.00	5.00	0.42	3.00	60.00	7.50

Табл. 2. Физико-механические характеристики грунтов



Эксплуатационная нагрузка, используемая для расчета поворота и осадки оголовка сваи, показана в табл. 3. Расчетные нагрузки приведены в табл. 4. Нагрузки считаются в середине верхней стороны оголовка сваи. Расчетная нагрузка от собственного веса оголовка сваи размерами 4,0 x 4,0 x 1,2 м рассчитывается автоматически.

Нагрузка	N	М _х	М _у	Н _х	Н _у
	[кН]	[кНм]	кНм]	[кН]	[кН]
Значение	609.00	2111.00	2111.00	47.00	47.00

Табл. З.	Эксплуатационная	нагрузка
----------	------------------	----------

Нагрузка	N	М _х	М _у	Н _х	Н _у
	[кН]	[кНм]	[кНм]	[кН]	[кН]
Значение	822.00	2850.00	2850.00	63.00	63.00

Табл. 4. Расчетная нагрузка

Решение:

Для решения этой задачи воспользуемся программой GEO5 – Куст свай. Проанализируем влияние нагрузки на каждую микросваю в кусте, а затем оценим наиболее нагруженную микросваю. В тексте ниже пошагово опишем решение этой задачи.

Будем анализировать куст микросвай, используя так называемый пружинный метод, который моделирует отдельные микросваи как балки на упругом основании. Каждая микросвая внутренне разделена на десять секций, для которых рассчитываются значения горизонтальных и вертикальных пружин. Оголовок сваи (опорная плита) считается бесконечно жёстким. Само решение осуществляется деформационным вариантом метода конечных элементов.

Во вкладке «Настройка» нажать на кнопку «Выбрать настройку» и в диалоговом окне «Перечень настроек расчёта» выбрать «Стандарт – EN 1997 – DA2».

🛅 Перечень	настроек расчёта		×
Nº	Имя	Срок действия	
1	Стандарт коэффрициенты запаса	Bce	
2	Стандарт предельные состояния	Bce	
3	Стандарт EN 1997 - DA1	Bce	
4	Стандарт EN 1997 - DA2	Bce	
5	Стандарт EN 1997 - DA3	Bce	
8	Чешская Республика -прежние стандарты ČSN (73 100	Bce	
9	Словакия-прежние стандарты ČSN (73 1001, 73 1002, 73	Bce	
47	Россия	Bce	
			 ✓ ОК Х Отмена

Диалоговое окно «Перечень настроек расчёта»



Следующий шаг – изменение типа расчёта на «Пружинный метод – микросваи». Будем считать соединение микросвай с оголовком сваи «жёстким». Последним шагом в этой вкладке является настройка «Модуля реакции основания», который будет описывать поведение микросвай в горизонтальном направлении. В данном случае рассматривается «Линейный» модуль реакции грунта (он будет рассчитываться по методу Боулза). Для получения дополнительной информации нажать Справку (F1).



Вкладка «Настройка»

Во вкладке «Конструкция» выбрать опцию «общая форма» для вида сверху оголовка сваи. Будет установлено «вылет плиты» со значением «*o* = 0.38 *m*». Теперь можно добавить каждую микросваю согласно табл. 1, нажав на кнопку «Добавить».



Вкладка «Конструкция»



Примечание: Вылет плиты «о» — это расстояние от внешнего края микросваи до края верхушки сваи.

После нажатия на кнопку «Добавить» появится диалоговое окно «Создать точку». В этом окне ввести координаты х и у и наклон микросваи. Координаты и наклон каждой микросваи указаны в табл. 1. Новая микросвая будет добавлена при нажатии кнопки «добавить».

Создать точн	9		×
Позиция :	x =	-1,57	[м]
	y =	1,57	[м]
Наклон :	α =	15,00	[°]
Тип задания	:	перпенд.к центру	•
	+4	1обавь 🗙 Отм	иена

Диалоговое окно «Создать точку» (микросвая №16)

Сечение микросваи будет определено в «Каталоге сечений». В разделе «Класс профиля» выбираем «Труба бесшовная круглого сечения», а затем в разделе «Профиль» выбираем профиль ТК 108х20.

Файл Пракок Веодзадния Расчет Выкоды Настройка Спрака § 🗅 🍰 • 🛄 • 🛃 •		
20	3. <i>1</i> 2	Режины _
		• Настроика
*		Конструкция
- 1.		Mareosan
0	Q 1.571.57) Q 1.771.57) Q 1.771.57)	E Destars
		П Гринты
5.3	O	Привязка
	Q.1.57-0.77) Q.37-0.77	Boga
	Каталог сечений 🗙	🔏 Вертикальные пружины
	Pantan Anton	🕈 Нагрузка
	решение пубек круглов сечение К 108 x 5	Pacver
	MSH kpyrnoe cewenne TK 108 x 5.5	Оподбор размеров
	becudense trybes (hinese Toyles xonanors dependentials kovrzoro). WK 108 x 7	Несущая способность
	TRM surpocessi TK 108 x 8	
	Security and COLL 104-91 IN 108 V	
	TK 108 x 12	
	TK 108 x 14 TK 109 x 16	
	TK 108 x 18	
	TK 106 x 20 +	
Q Ab		
	L	
\$\$	Информация 🗸 Отмена	
		Выясды -
	Семние, поперечное	М ⁺ Добавить рис.
Вылет плиты : о =0,38 [м]	TK 108 × 20	Конструкция : 1
NF - x [m] y [m] α [*] Τιπ задания ω (*)	+ 205aes 📀	Bcero: 1
10 1,57 0,77 0,00 перпенд.к центру *	/ Daten	Б ^Ш Список рисунков
11 -0,77 1,57 0,00 перпендж центру 12 0,77 1,57 0,00 респена х центру	X Danims 9 (20	Ell Courses announemed
g 13 -1,57 -1,57 15,00 перпенд.к центру		
14 1,57 -1,57 15,00 перпенд.к центру	- Fordaru,	
Е 15 1,57 1,57 15,00 перпендик центру 8 16 157 157 1500 перпендик центру (С. 157 1500 перпендик центру) (С. 157 157 1500 перпендик центру) (С. 157 1500 п		R), Копировать вид
X		

Диалоговое окно «Каталог сечений»

GE05

Во вкладке «Геометрия» будут определены «Глубина заложения = 0.00 m», «Толщина плиты фундамента t = 1,20 m», «Длина свай l = 6,00 m», «Диаметр корня $d_r = 0,30 m$ », «Длина корня $l_r = 3,00 m$ » и «Сопротивление грунта основания» но в данном случае оно не будет учитываться. Следовательно «Сопротивление грунта основания $R = 0,00 \kappa \Pi a$ ».



Вкладка «Геометрия»

Примечание. Сопротивление грунта фундамента очень важно и оказывает большое влияние на результаты расчёта. Величина сопротивления грунта основания зависит от типа грунта, процесса возведения сооружения (новое сооружение, реконструкция) и очерёдности нагружения. Сила $N_R = A \cdot R$ во всех случаях вычитается из введенной нагрузки.

Во вкладке «Материал» определяются свойства материала конструкции. Для оголовка сваи устанавливается определенный удельный вес ($\gamma = 23.00 \ \kappa H/m^3$) и класс бетона C20/25 (для определения размеров) а для микросвай устанавливается класс конструкционной стали *EN* 10210 – 1: S355. Классы материалов для бетона и конструкционной становятся доступны при нажатии кнопки «Каталог».



Файл Правки Веодзадения Расчет Выводы Настройка Справка	
	Режимы _
	🗐 Проект
	🔅 Настройка
	Конструкция
+	ПГеометрия
	🖽 Материал
	🗄 Профиль
	[] Грунты
	Привязка
	Вода
	🔓 Вертикальные пружины
	Ф Нагрузка
. 6.0	MP Pacvër
	О Подбор размеров
	несущая способность
3,00	
949	
¹ Уделный вес конструкции у у <u>22,00</u> (x44/w ³)	Выводы –
Бетон Конструкционная сталь	<u>b</u> * Добавить рис.
Karanor Donasozarena Karanor Dongoos.	Материал: 0
C2025 EH 10216-1-5355	Bcero: 1
fa = 3 300 Mh =	В. Список рисунков
Verg = 4,00 mm # V = 37000 mm # E _m = 2000000 Mm # E 22000000 Mm #	Список приложений
6 = 1250,00 MTa 6 = 8100,00 MTa	
	N Kenneste av
	-а колировать вид

Вкладка «Материал»

Во вкладке «Нагрузка» будут добавлены нагрузки. Значения эксплуатационной нагрузки приведены в табл. 3, а значения расчетной нагрузки показаны в табл. 4.



Вкладка «Нагрузка»

GE05

Геологический профиль определяется во вкладках «Профиль», «Грунты» и «Привязка». Во вкладке «Профиль» задаётся диапазон слоев геологического профиля. Во вкладке «Грунты» определяются грунты, и последний шаг выполняется во вкладке «Привязка», где грунты присваиваются различным слоям геологического профиля. Геологический профиль со свойствами каждого грунта представлен в Табл. 2.

В диалоговом окне «Добавление новых грунтов» необходимо ввести значения для «Определение модуля реакции грунта». Диапазон значений «Коэффициента k» и формула для определения «угла распределения β» показаны в Справке (F1), в теме «Линейный модуль реакции грунта».

Правка параметров грунт	a				×
— Идентификация —					— Отображение ————
Имя:	Soil 3 (G-F)				Категория узоров :
Гравий с г	примесью тонкозернис	т,грунта (G-F), уп	лотнённая	l.	GEO 🗸
— Базовые данные -				? -	Поиск:
Удельный вес :	γ =	19,00	[кН/м ³]	19,0	Подкатегория :
Угол внутреннего трения	φ _{ef} =	35,50	[°]	33 - 38	Грунты (1 - 16) 🔹
Удельное сцепление грун	ra: c _{ef} =	0,00	[кПа]	0	Штриховка :
— Осадка - одометри	ический модуль —			? -	
коэффициент Пуассона :	ν =	0,25	[-]	0,25	•
Расчёт осадки :	ввести E _{def}		•		12 Гравий
Модуль деформации :	E _{def} =	95,00	[M∏a]	90 - 100	Цвет штриховки :
— Подъёмная сила-				? -	↓ ↓
Расчёт подъёмной силы :	стандартный		•		Фон :
Удельный вес водонасыщ	енного грунта : γ _{sat} =	19,00	[кН/м ³]		автоматический 👻
					Насыщенность <10 - 90> : 50 [%]
— Определение мод	уля реакции основ	вания			
Коэффициент :	k =	250,00	[MH/m ³]		
Угол распределения :	β =	12,75	[°]		
Определи Стере	еть 🌐 Данные IFC	:		OK +	↑ ОК + ↓ ✓ ОК 🗶 Отмена

Диалоговое окно «Добавление новых грунтов»



Файл Правки Ввод задания Расчет Выводы Настройка Справка		
§ 🗋 💾 - 📓 - 👌 В 🗰 Названия этапов 🔲		
20		Рекольн _
	L.20	🗐 Проект 🍄 Настройка
● - - - - - - - - - - - - -	3,00	Seal 2 (05.7) Seal 2
		4.5pa 4 (69)
		Выходы
Advession America and		(6*)Добавить рис.
NP Толщина (м) Присвоенный грунт		Профиль и привязка: 0
1 1,90 Soil 1 (CL, Cl)		Bcero: 1
2 1,20 Soil 2 (ML, MI) 3 1.80 Soil 3 (G-F)		<u>в</u> Список рисунков
4 1,60 Soil 4 (GP)		🖽 Список приложений
5 Soil 5 (CH, CV, CE)		
Ê		№_ Копировать вид

Вкладка «Привязка»

Во вкладке «Вертикальные пружины» задается поведение микросваи в вертикальном направлении. Нагрузка от микросваи передается на грунт через основание и внешнюю поверхность корня.



Вкладка «Вертикальные пружины»

Во вкладке «Расчёт» выполнен расчёт задачи. Результаты (внутренние силы, перемещения и т. д.) отображаются для одной или для всех микросвай. В правой части окна показаны результаты для максимальных внутренних сил (из всех вариантов нагрузки) и результаты для максимальных смещений (только из вариантов эксплуатационной нагрузки) всей конструкции. На рисунке ниже показаны результаты для микросваи № 16.



20	0	10 0.09 .		Рехонны Ш Проект Ф Настройка	
↔		()		 Конструкция Геометрия Материал 	
ф [д		111.69 5		🗐 Профиль 💽 Грунты 🚍 Привязка	
* * *	/	-343 MIN 2 7,6 MM		 Вода Вертикальные пружины Нагрузка 	
Red Contraction	/			Расчёт	
₩.					
TT	/	167508			
2*** \$					
anar Bea ∰ ↓ Facer			(B) Dagerow		
			Royakina Royakina	Roman	
Record Control	Столь рассвания		Результам Массильание аруреване сама бисе насууляся Массильания солже солже сама и – 465.20 М	Выводы (6 ¹)Добавить рис.	
Prover Prover Prover Prover Prover Prover Costant proymetries Costant (Polymetries) Costant Costant (Polyme	- Стиль рассвания - Падинськить :	3400ae ×	Payvisteite Maccentraneau enymenene columpia (2000) Maccentraneau containeau a containeau Maccentraneau containeau a containeau Maccentra	Выходы (1 ⁴)Добавить рис. Расчёт :	
Prover Prover Prover Prover Prover Prover Prover Prover Concerptuat Prover Prover Prover Concerptuat Prover	- Crivity pacesawa 1 • Pagaroceantes are Pagaropia nagarocea	avenue •	Payriatta Maccananae engregement colar (Act any part) Maccananae engregement colar (Act any part) Maccananae engregement colar (Act) (Act Maccananae) (Act any part) Maccananae (Act any part) Maccanana	Buengue [6 ¹]Добавить рис. Расчёт : Всего :	
Peccet Peymannu: Load, design Peymannu: Load, design Peymannu: Load, design Concryptum Poscane Poscane peymannu: casa 16 Poscane (PdH) Poscane conc (PdH) Poscane cont (PdH) Poscane con	- Crons perceases - Depresents : 20 Panetyse regardon : as - Utypercens	and •	Реунтати Реунтати Реунтати Массилальные сопинаеция сила – 40(5) он Н Массилальные сопинаеция сила – 40(5) он Н Массилальные сопинаеция сила – 10(1) он Н Массилальные сопинаеция сила – 10(1) он Н Массилальные сопинаеция (только полениме интруги) Массилальные сопинаеция (только полениме интруги) Массилальные сопинаеция (только полениме интруги)	Buesopu (k ³) Дибанть рис. Расчет : Beren : (k ³) Список рисунков	
Pecure Peynetrai: load_deign Peynetrai: load_deign Peynetrai: load_deign Concrypuus Mouer Y (bhil Pegues ansatz Mouer Y (bhil Pegues ansatz Pogues ansatz	- Crave processes • Regressers : as Pessey nagrocs : as (2) Upprocess	analae •	Perg/http:// Macconstanting composition (CAM (Scc surgeryond) Macconstanting codposition (CAM	Выводні [6 ³] Добанть рис. Расчіт : Всего : [6 ¹⁰] Список рисунков [11] Список прыложений	
	Chine pacesawa Pagnocame : sa Pagnocame : sa Pagnocame : sa ✓ Upprocame ✓	anause •	Engeneration Pary/Letter Macconsensus expresenter considered regregation Macconsensus expresenter considered regregation Macconsensus expresenter considered regregation Macconsensus expresenter consensus expression Macconsensus expression consensus expression 10.04-32 **	Bueropa (A*) Andexemp pace. Paceter : Beero : (A*) Concore processor E Concore repursores E Concore reportes E Concore repursores E Concore repurs	

Вкладка «Расчёт»

Результаты расчёта для начальных настроек (для максимальной деформации) следующие:

- Максимальная осадка	5.8 <i>mm</i>
- Максимальное горизонтальное смещение оголовка	8.9 mm
- Максимальный поворот оголовка сваи	10.0E-02 °

Во вкладке «Подбор размеров» показаны внутренние силы из выбранного варианта нагрузки или диапазона вариантов нагрузки. Результаты также могут быть показаны для любой сваи. Общие внутренние силы равны результирующим силам, рассчитанным по компонентам Х и Y. На следующем рисунке показаны внутренние силы из диапазона вариантов нагрузки для всех микросвай.





Вкладка «Подбор размеров»

Для расчёта сечения микросваи и её корня необходимо открыть программу GEO5 – Микросвая, нажав на вкладку «Несущая способность». Все результаты и данные автоматически импортируются в эту программу.

Проверка стального сечения микросваи находится во вкладке «Проверка сечения». Результаты для самой загруженной микросваи рассчитываются автоматически. Коррозия в данном случае не рассматривается, поскольку микросвайный фундамент не является постоянной конструкцией. Граничные условия рассматриваются как **шарнирное – жёсткое**.

Проверка внутренней устойчивости:

N_{crd} = 3646.39 *кH* ≥ *N_{max}* = 460,50 *кH* Внутренняя устойчивость секции микросвай ПОДХОДИТ

Проверка несущей способности соединённых секций:

 $f_{y,d} = 236.67 \ \text{MPa} \ge \sigma_s = 141.44 \ \text{MPa}$

Соединённая секция микросвай ПОДХОДИТ



Файл Правки Васадзадания Расчет Выязады Настройка Справка торонка Справка Справка торонка Справка (11)				
	670		Pecunie © Проет © Настрова Толетрия Материал Порокия Порокия © Грумни © Грумни	- 4
* Pacvēr: 🖶 🔄 [1]		🕵 Подробно	Управление	- ередать данные
Автоматический выбор максимимов	Расчёт выполнен с автоматическим подбором самых		🗙 Завершить без	передачи данных
Учесть действие коррозии	неблагоприятных сочетаний нагрузок.		Выводы	-
Требуемый срок службы : t = [год]	Проверка внутренней устойчивости сечения: геометрический (Эйлера) метод		В Добавить рис. Расчёт сечения :	0
Коэффициент действия омоноличивания : F _{ut} = [-]	Критическая нормальная сила N _{crd} = 2852,04 кH Максимальная нормальная сила N _{max} = 460,50 кH		Bcero :	0
Тип грунта : грунт в естественном залегании	Внутренняя устойчивость сечения микросваи ПОДХОДИТ		📳 Список рисунков	•
	 Проверка несущей способности объединённого сечения: Сечение больше всего работает для натрузки № 1 Напряжение в стали = 151,28 МПа 		П Список приложе	inni D
Баничные условия расчёта: шарнир-заделка	Расчётная прочность стали = 236,67 МПа		8	
Pac			🗄 Копировать вид	

Вкладка «Расчёт сечения»

Проверка несущей способности микросваи осуществляется во вкладке «Расчёт корня». Расчёт проводится в соответствии с теорией Лицци, при этом среднее поверхностное трение принимается равным **q**_{sav}=**350 кПа**.

Примечание: Метод расчёта для проверки несущей способности корня можно изменить во вкладке «Настройка», отредактировав настройку «Микросваи».

Проверка сжатия микросваи:

$R_s = 791.65 \ kN$	≥	N _{max}	- Сопротивление стержня
$R_d = 527.79 \ kN$	≥	N _{max}	- Несущая способность корня микросваи

Несущая способность микросваи на сжатие ПОДХОДИТ

Проверка растяжения микросваи:

$R_s = 791.68 \ kN$	≥	N _{max}	- Сопротивление стержня
$R_d = 527.79 \ kN$	≥	N _{max}	- Несущая способность корня микросваи

Несущая способность микросваи на растяжение ПОДХОДИТ



Фейл Правки Веодзадания Расчет Выходы Настройка Справка		
		Persona Proposes Preceptions Propose Propose
5 C		
		Управление _
Pacvēr : 🕐 📃 [1]	(B) Noa	обно 🗸 Завершить и передать данные
 Трение на боковой поверхности на корне 	Проверка сжатой микросван	Завершить без передачи данных
Среднее предельное трение боковой поверхности • q _{EBV} = 350,00 [кПа]	Integral encoders assessed interpretent metaphonese interpretent $R_{\rm g}$ = 5 (22.2) or (1)	Б+ Добавить рис.
N ² - Ордината Трение + Добавь	Максинальная нормальная сила М _{пон} + 40030 кН	Расчёт корень : 0
х [м] q (кПа)	Несущая способность сжатой микросвам. ПОДХОДИТ	Bcero: 0
Х Удалить	Проверка растянутой микросваи	В ^{II} Список рисучков
	Heiguas considers feature and support and the second	Course approximite
1	Naccunaninian pactninianougico cuna N _{ma} 2010 ori	
Credit KO	Несущая способность растанутой микросваи ПОДХОДИТ 🖕	
۵.		сопировать вид

Вкладка «Расчёт корня»

Последний шаг — сохранение результатов, необходимо нажать кнопку «Выйти и сохранить», как показано на предыдущем рисунке.

Заключение:

Значения максимальной осадки, максимальных горизонтальных смещений и поворота оголовка сваи находятся в пределах допустимых значений.

Конструкция микросваи ТК 108/20 из конструкционной стали *EN 10210-1: S355* и её корень соответствуют требованиям *EN 1997 – DA2*.