

Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе
МГРИ

Стохастическое моделирование осадки фундамента мелкого заложения

Кургузов К., Фоменко И., Горобцов Д., Новгородова М.
Докладчик Новгородова М.

г.Владимир 2021 г.

Введение

Вопрос обеспечения надежности зданий и сооружений, работоспособности их элементов, один из наиболее актуальных вопросов в практике проектирования и строительства геотехнических объектов.

Основные постулаты теории надежности в геотехнике можно формулировать следующим образом:

1. Абсолютная надежность геотехнических систем является недостижимой целью;
2. Методологическая база по разработке системы оценок и количественных методов надежности проектируемых сооружений должна базироваться на стохастическом подходе (Phoon, 2008).

Целью выполненного исследования являлась стохастическая оценка работоспособности фундамента мелкого заложения при оценке его деформаций (осадки).

Исходные данные

Статистические параметры грунта,
использованные в расчетах

Наименование показателя	Значение
Среднее значение модуля деформации E^{cp} , МПа	20
Стандартное отклонение E	6
Коэффициент вариации V_E	0.3
Среднее значение напряжения под подошвой G_{zp}^{cp} , МПа	0.1
Стандартное отклонение G_{zp}	0.03
Коэффициент вариации V_G	0.3
Коэффициент корреляции, ρ	0.5
Безразмерный коэффициент β	0.8
Предельно допустимые осадки s^{np} , см	10

Стохастический расчет выполнялся с помощью трех различных методик:

- методом точечного приближения;
- методом Монте-Карло;
- численным методом конечных элементов.

Расчет методом точечного приближения

Данные расчеты выполнялись в предположении:

- Нормального закона распределения случайных величин;
- Поля случайных величин стационарны и статистически однородны;
- Изотропности распределений случайных величин.

Результаты расчета осадки фундамента методом точечных приближений

	E, МПа	G, МПа	S, см	$S_{\text{ср}}$, см	Вероятность P_x	$P[S > S_{\text{пред}}]$
P(E-,G-)	14	0.07	6.0	6.3	0.375	0.0703
P(E+,G-)	26	0.07	3.2		0.125	
P(E-,G+)	14	0.13	₁ 11.		0.125	
P(E+,G+)	26	0.13	6.0		0.375	

Из таблицы видно, что среднее значение осадки фундамента составляет $S_{\text{ср}} = 6.3$ см, а вероятность отказа работоспособности, т.е. когда среднее значение осадки S превысит допустимый уровень $S_{\text{пред}} = 10$ см, составляет $P[S > S_{\text{пред}}] = 7\%$.

Расчет методом Монте-Карло

В результате статистического моделирования методом Монте-Карло были построены функции плотности распределения осадки (рис. 1 и 2).

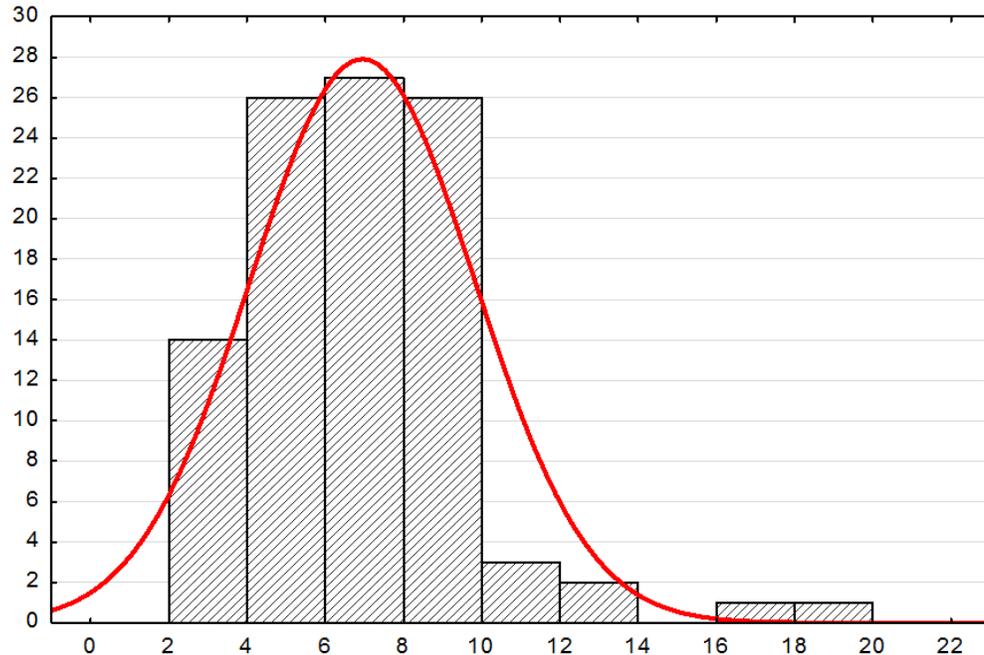


Рис. 1. Функция распределения осадки S (см), построенная по результатам статистического моделирования методом Монте-Карло (100 реализаций)

Вертикальная ось - частота, горизонтальная – осадка S (см).

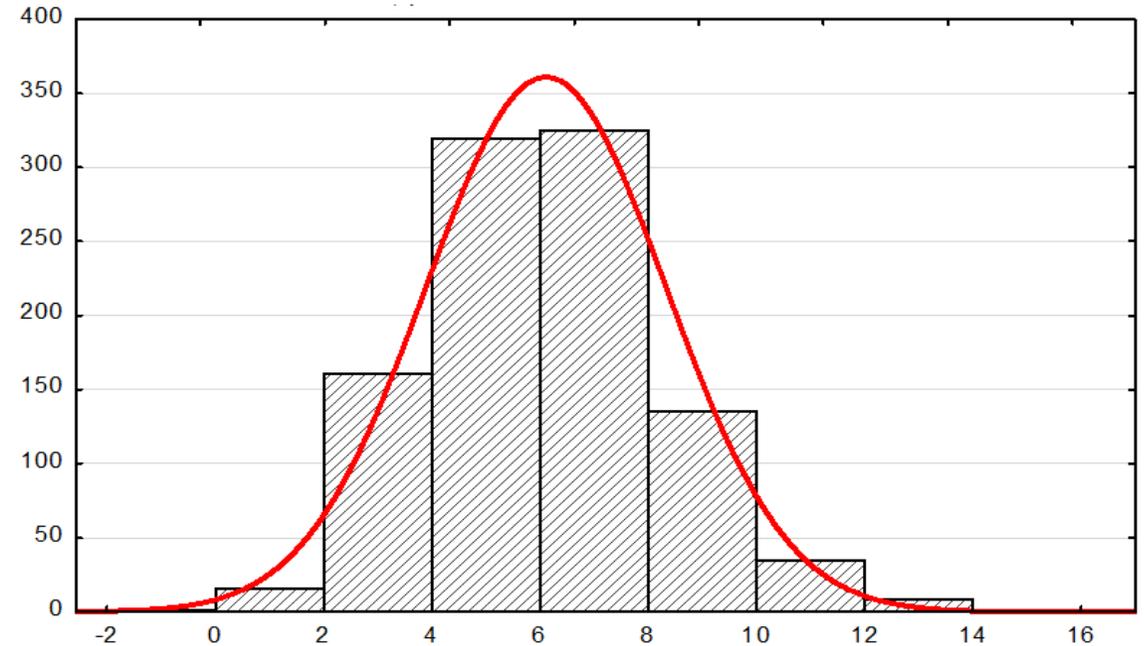
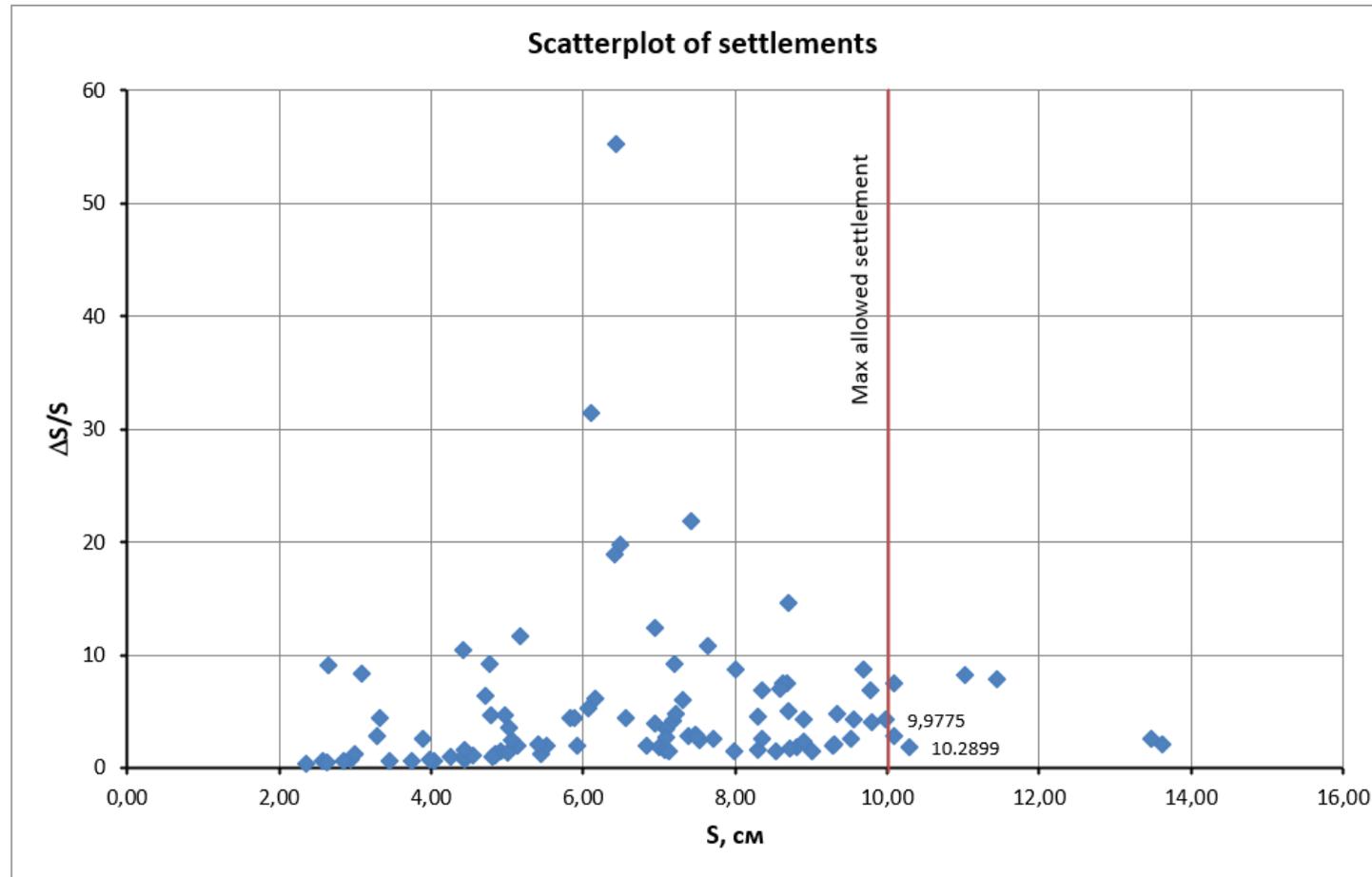


Рис. 2. Функция распределения осадки S (см), построенная по результатам статистического моделирования методом Монте-Карло (1000 реализаций).

Вертикальная ось - частота, горизонтальная – осадка S (см).

Точность расчетного анализа методом Монте-Карло напрямую зависит от размера ансамбля реализации.

Диаграмма рассеяния значений осадки по результатам метода Монте-Карло на 100 реализаций.



Так, по результатам реализации на 100 итераций видно, что семь расчетных значений превышают значения предельных осадок равных $S=10$ см, т.е. вероятность отказа работоспособности фундамента по допустимым осадкам составляет $P[S > S_{\text{пред}}] = 7\%$.

Численное моделирование методом конечных элементов

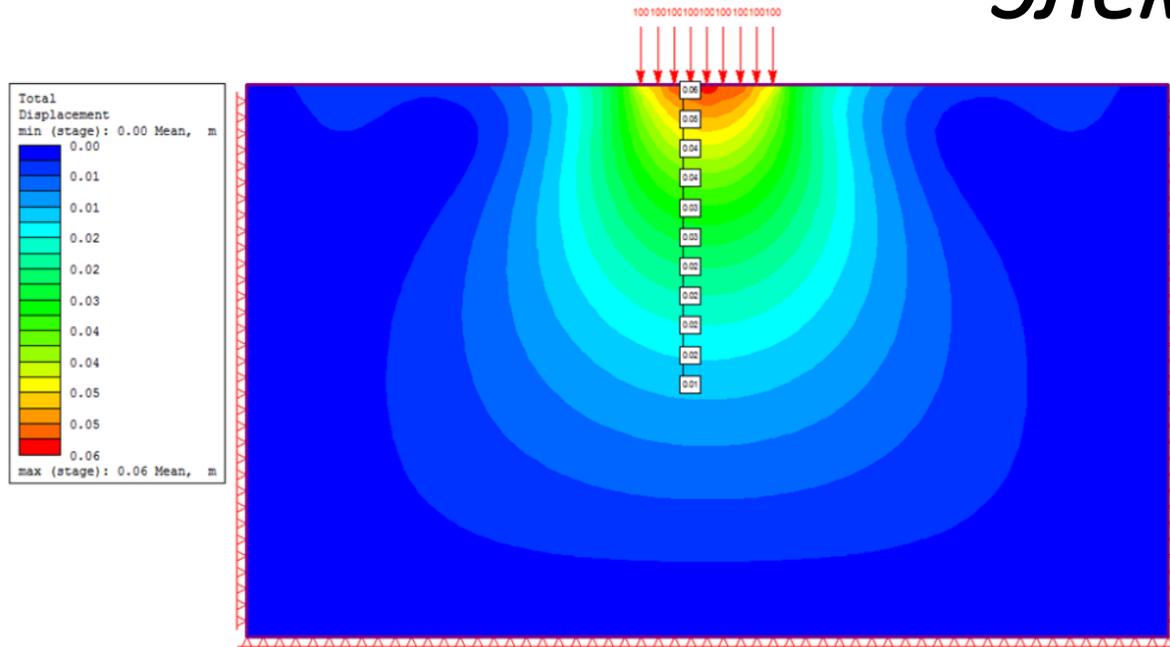


Рис. 4. Изополя максимальных осадок ($S=6.0$ см)

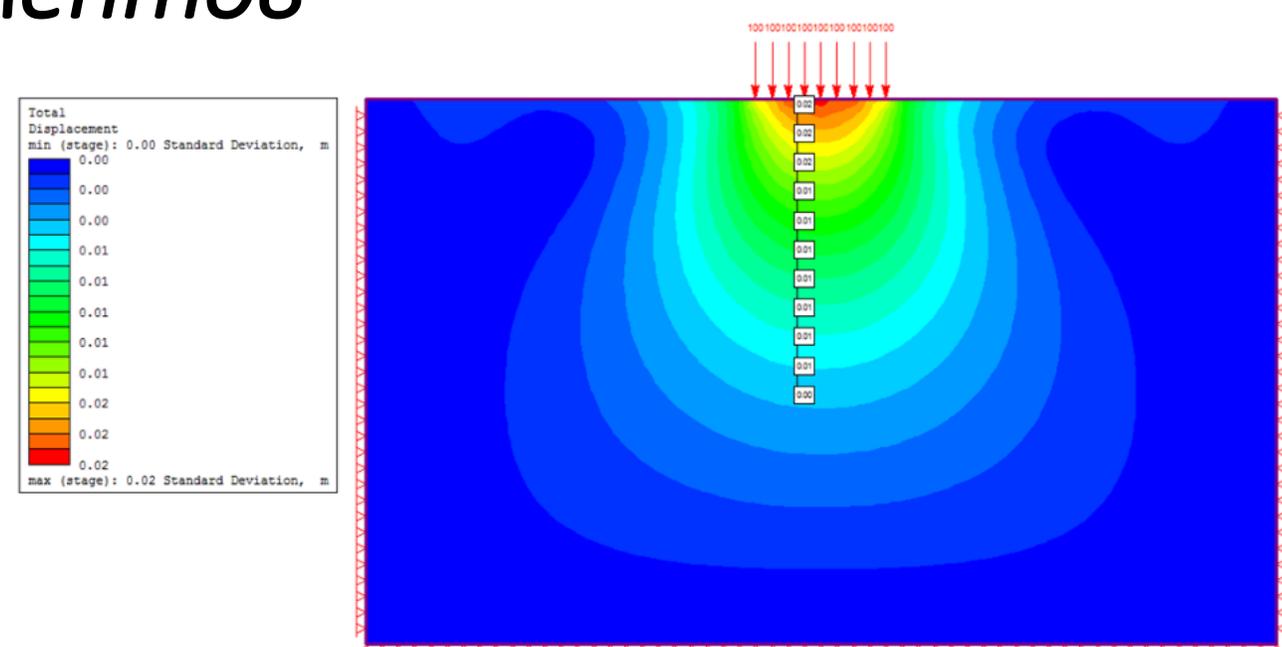


Рис. 5. Изополя стандартного отклонения значений осадок ($S=2.0$ см)

По результатам численных расчетов МКЭ были получены значения осадок S , представленные на рис. 4 в виде изополей равных осадок, где среднее значение максимальных осадок составило $S=6.0$ см. Также, по результатам расчетов, построены изополя распределений значений стандартных отклонений осадок S , (рис. 5), где максимальное значение составило $S=2.0$ см.

Результаты и обсуждение

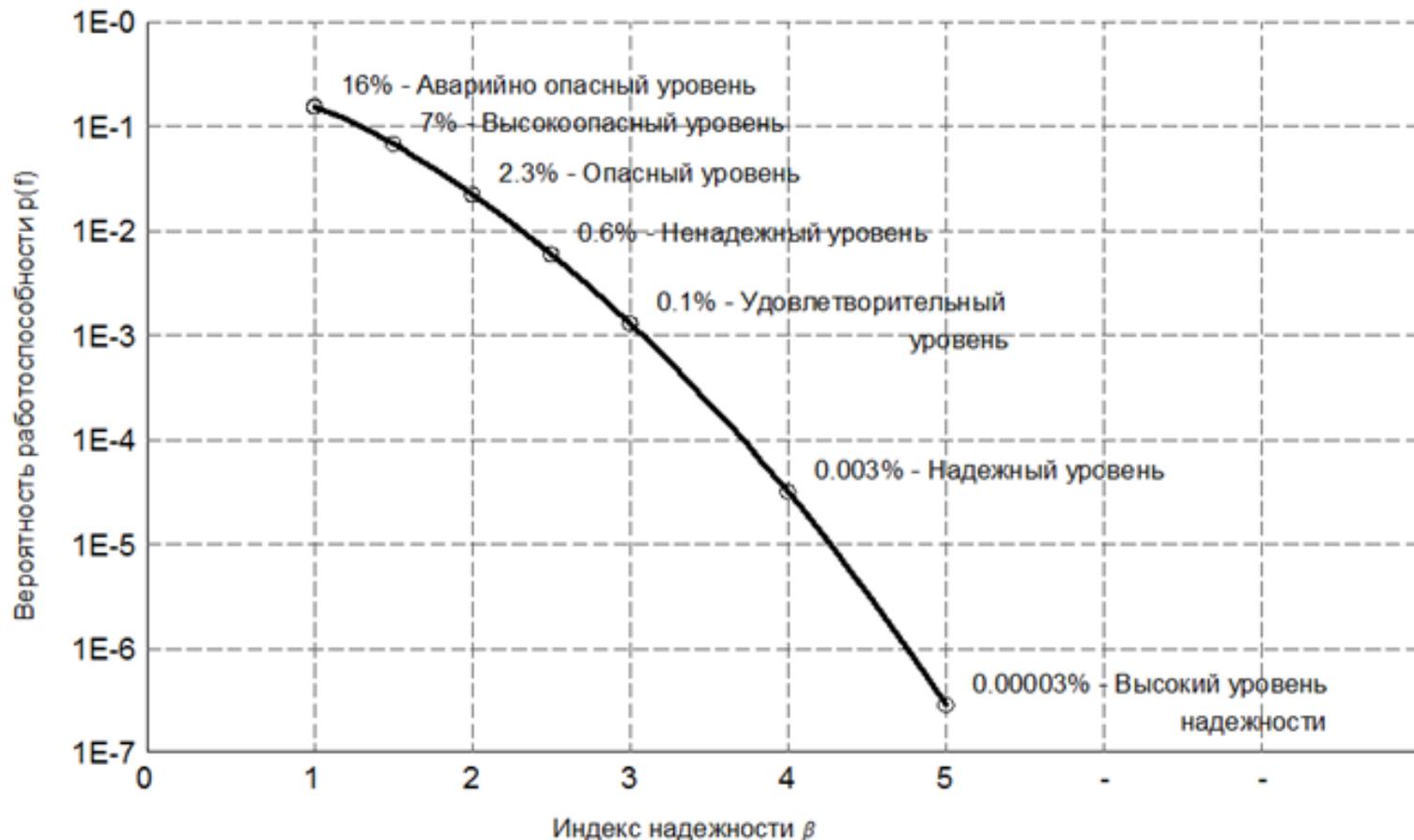
Стохастическое моделирование расчеты осадки фундамента мелкого заложения с использованием трех различных методов показали высокую сходимость результатов.

Наименование методики		Ср. значение осадки S , см	Станд. откл. σ , см	Показатель надежности β ,	Вероятность отказа $P[X>s]$,%
Метод приближения	точечного	6.03	2.04	1.81	7.7
Статистическое моделирование (Монте-Карло)	100 р-ц.	6.76	2.44	1.61	10.8
	1000 р-ц.	6.06	2.21	1.78	8.1
Моделирование МКЭ		6.0	2.0	2.0	5.3

Результаты расчетов по всем методикам

Результаты и обсуждение

По результату анализа стохастической модели расчетные значения показателей надежности должны быть сопоставлены с допустимыми значениями этого показателя. В качестве такого критерия, в настоящей работе, принимались значения рекомендованные департаментом военных инженеров армии США.



В соответствии с приведенным графиком, уровень надежности может быть оценен в интервале от ненадежного до опасного.

Спасибо за внимание!