

Критический  
анализ положений  
СП 45.13330.2017  
ИЗМ.3

*Салмин Игорь Андреевич*

Руководитель проектного отдела  
«Строительная компания  
«ИнжПроектСтрой»

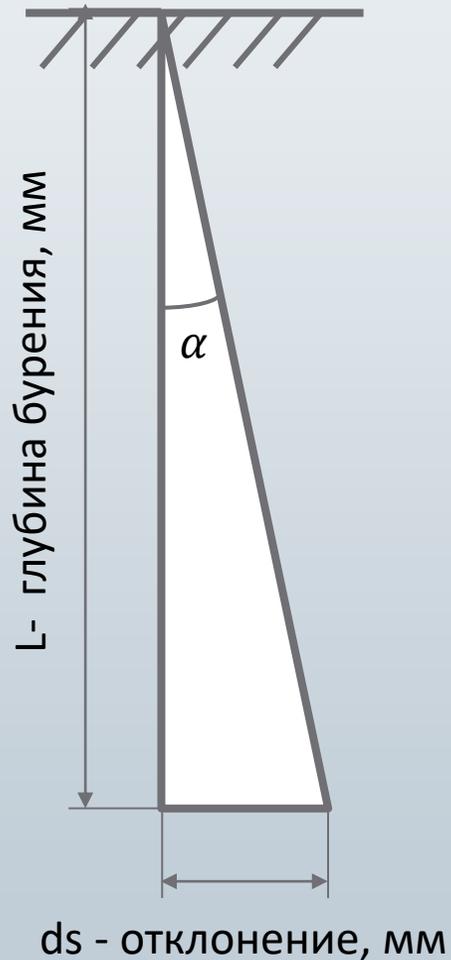
*Москва, 2022*

# Введение

Отклонение скважин от вертикали

при контроле качества при выполнении работ по струйной  
цементации

# $\delta$ - мера отклонения от вертикальности



$$\delta = \frac{\Delta s}{L} = \tan(\alpha) \%$$

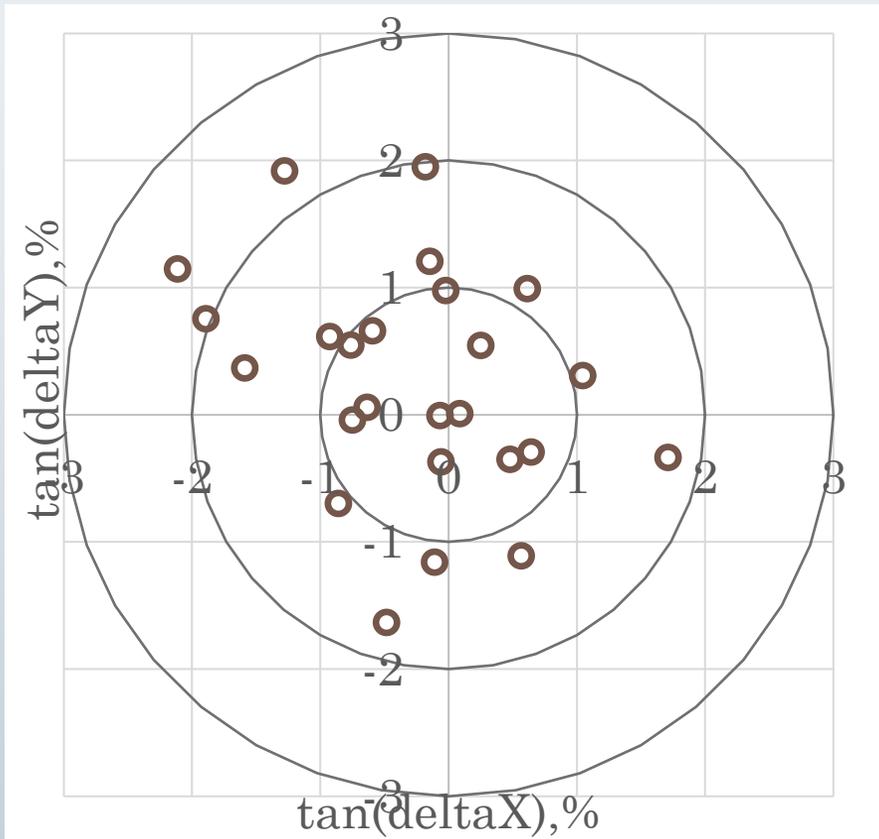
**EN 12716:2018** Производство специальных геотехнических работ.  
**Струйная цементация** п 7.2.2 при устройстве вертикальных ГЦЭ  
рекомендуется :

$$\delta \leq 2\%;$$

**СП 291.1325800.2017** Конструкции грунтоцементные, армированные  
п 7.2.4, 7.5.4, п. 8.2.1 возможное отклонение

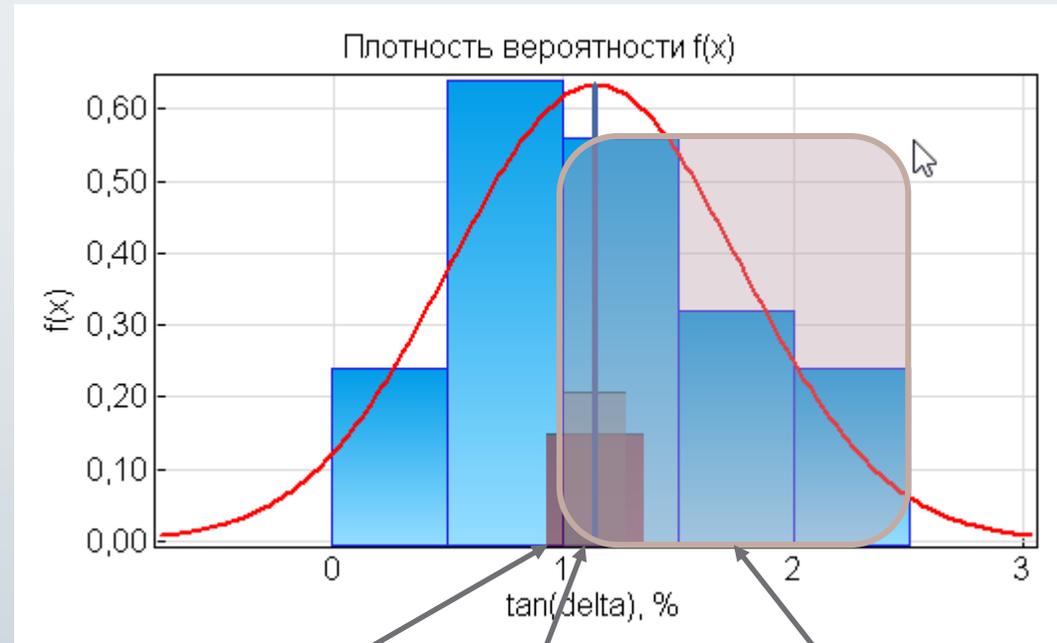
$$\delta = (1 \dots 5)\%.$$

# Эксперимент по определению $\delta$



$$\delta \in [0, 1 \dots 2, 4]\%$$

Среднее значение  
 $\delta_{\text{ср}} = 1,1\%$



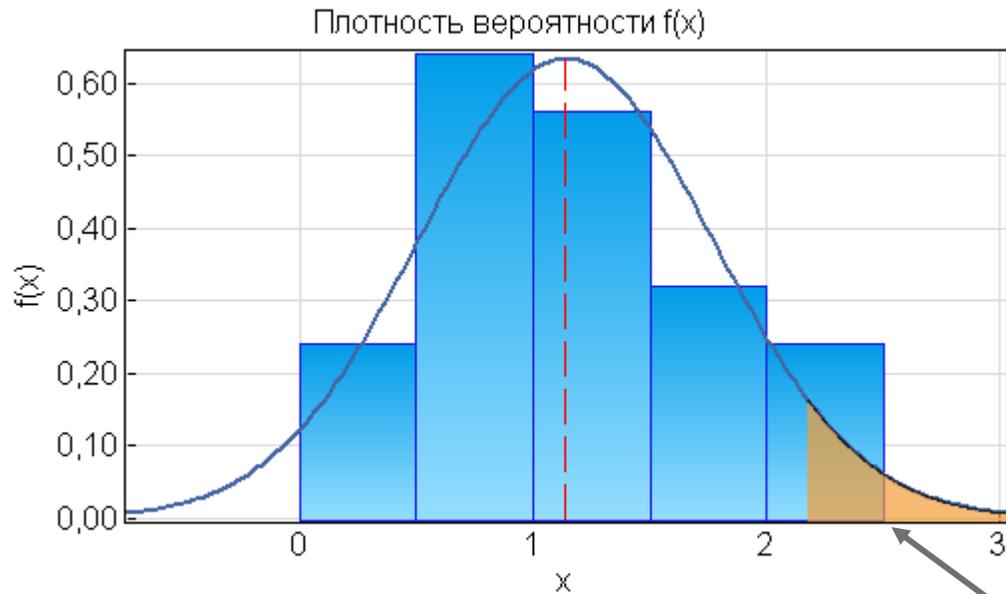
Расчетные 1:  $\delta_I = 0,9\%$   
Расчетные 2:  $\delta_{II} = 1,0\%$

Нормативное:  $\delta_H = 1,1\%$

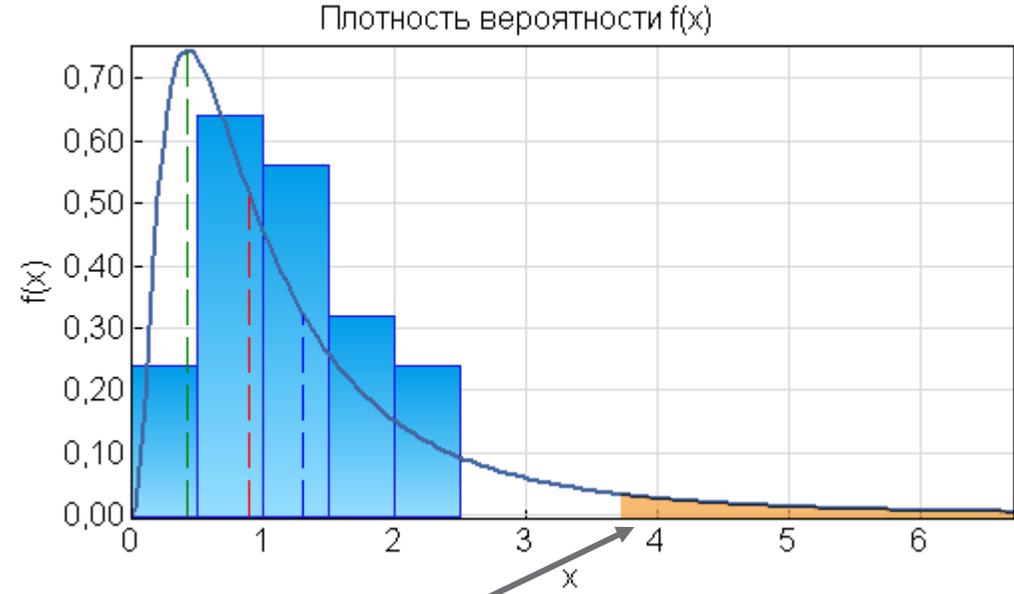
Более половины  
экспериментальных  
значений превышают  
величину Расчетных 1,2!!!

# Статобработка $\delta$

## Нормальный закон



## Логнормальный закон



Односторонняя доверительная  
вероятность  $\alpha=95\%$

# Требования по отбору керна

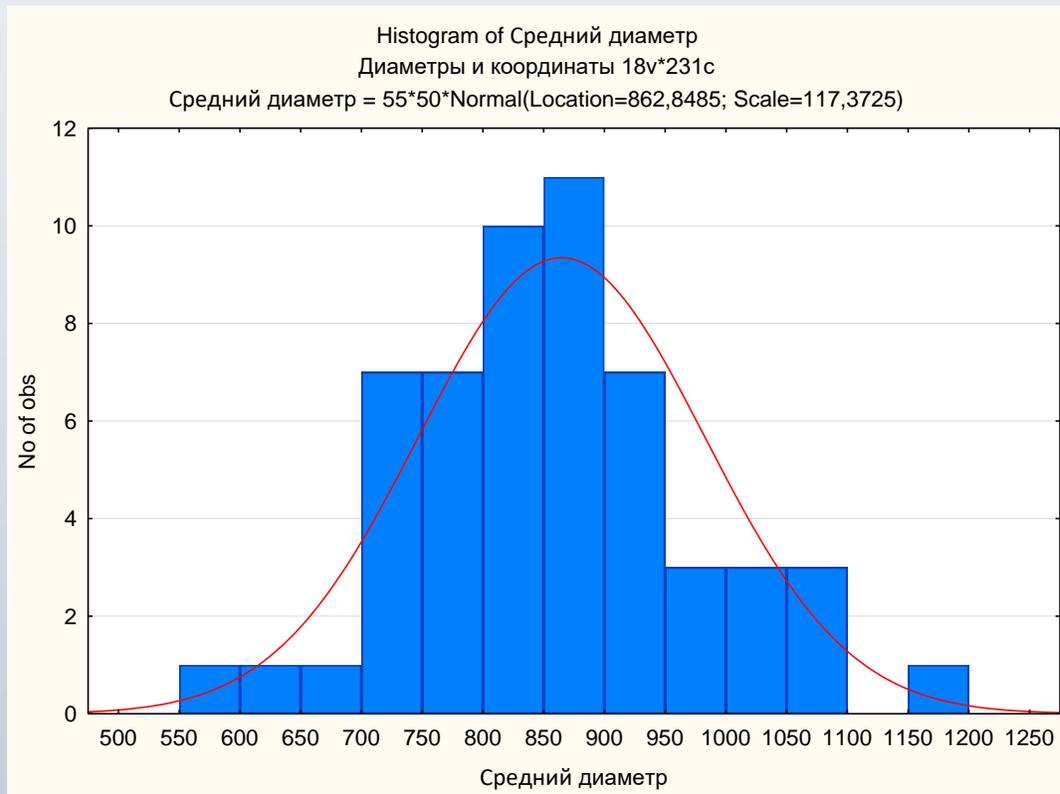
СП 45.13330.2017 изм.3

# СП 45.13330.2017 ИЗМ.3 п. 16.5.19

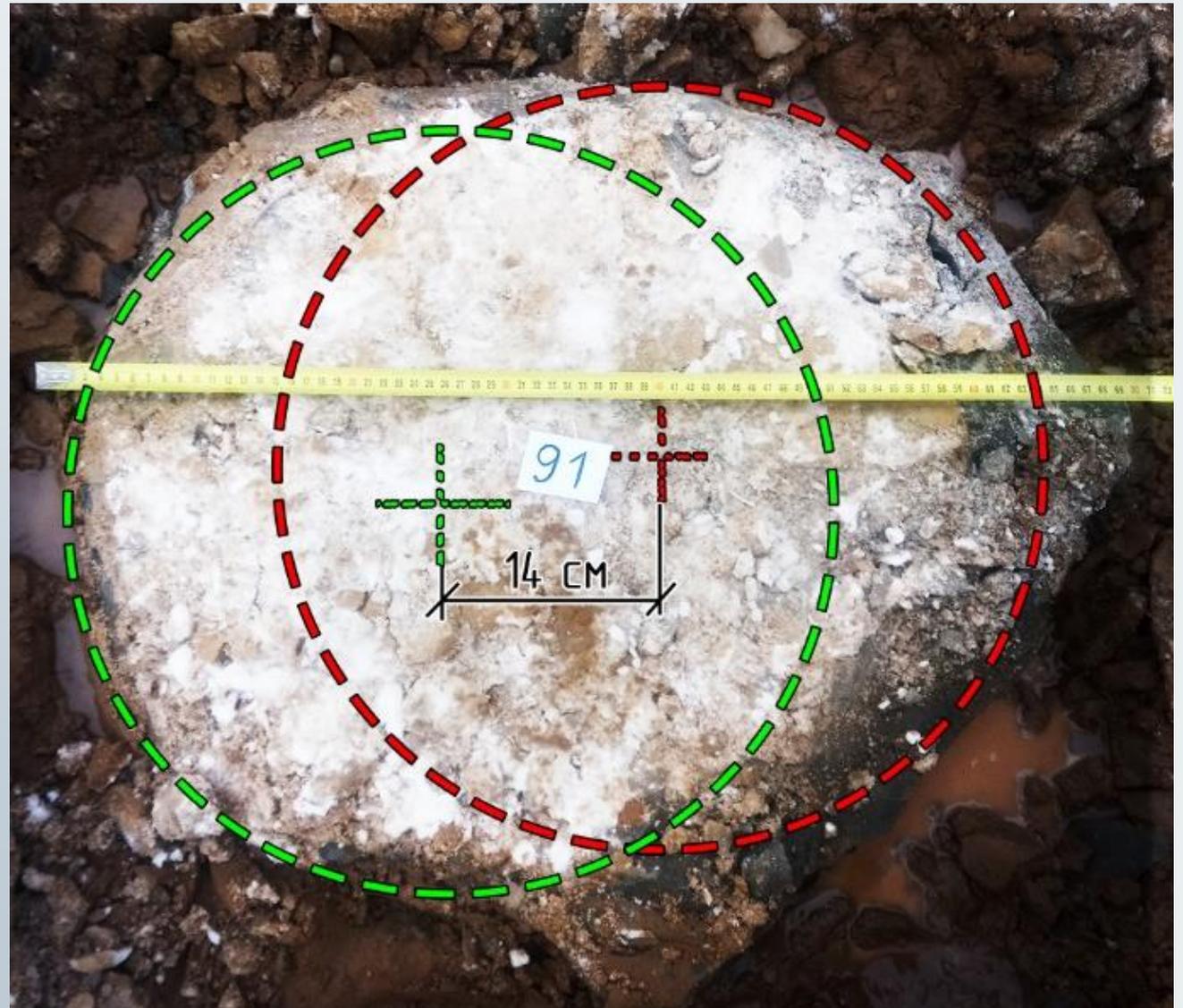
- *«16.5.19 Образцы из грунтоцементного элемента следует отбирать **через каждый метр** по глубине в горизонтальном сечении **в интервале от 1/3 до 5/6 радиуса закрепления от центра при контроле в шурфах** и начиная контрольное бурение в этом интервале с отметки верхней границы элемента закрепленного грунта. На глубинах до 3 м отбор образцов выполняют из шурфов или выбуриванием кернов малогабаритными установками. При глубине более 3 м отбор выполняют из скважин».*

- Требования «через каждый метр... в интервале от 1/3 до 5/6 радиуса» относятся к контролю в шурфах. Какие требования при контроле в скважинах - неизвестно.
- При отборе необходимо точно знать центр и радиус колонны.

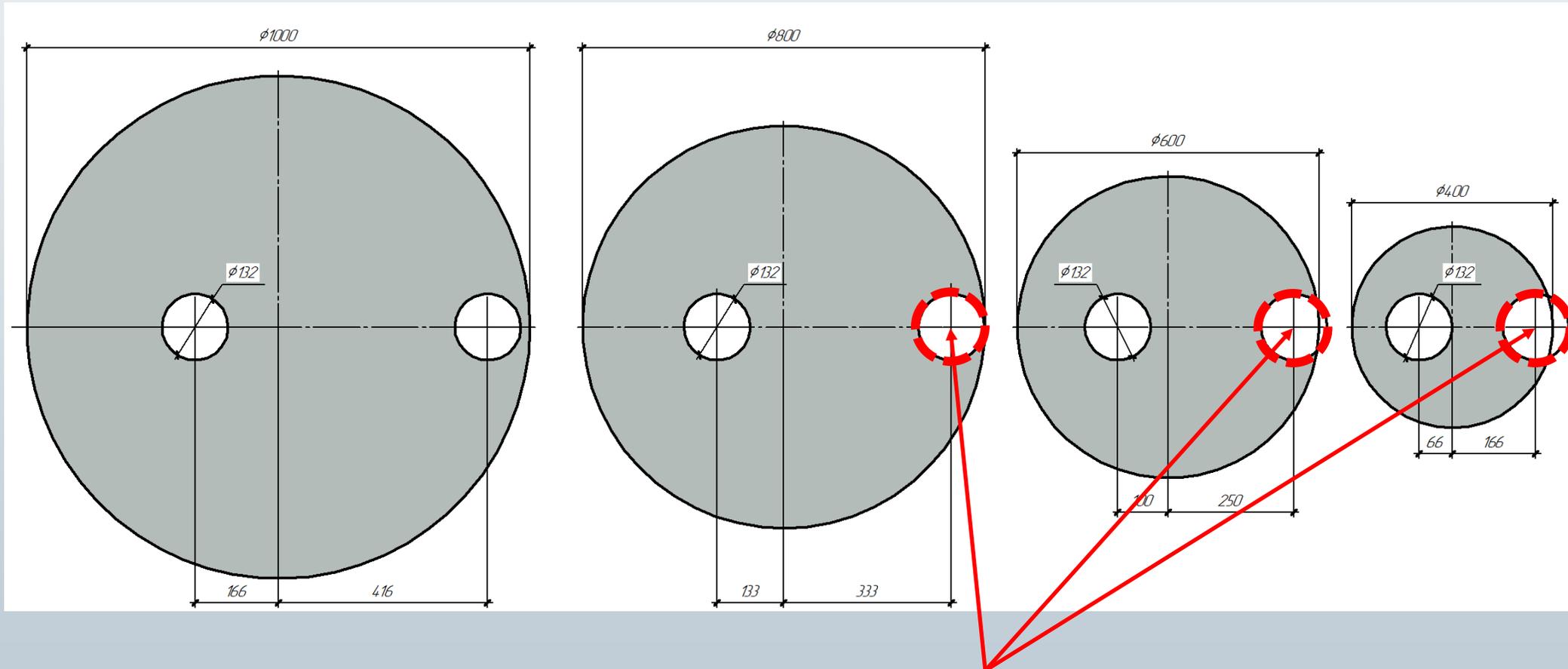
# Как определить центр и диаметр колонны?



Гистограмма диаметров ГЦЭ

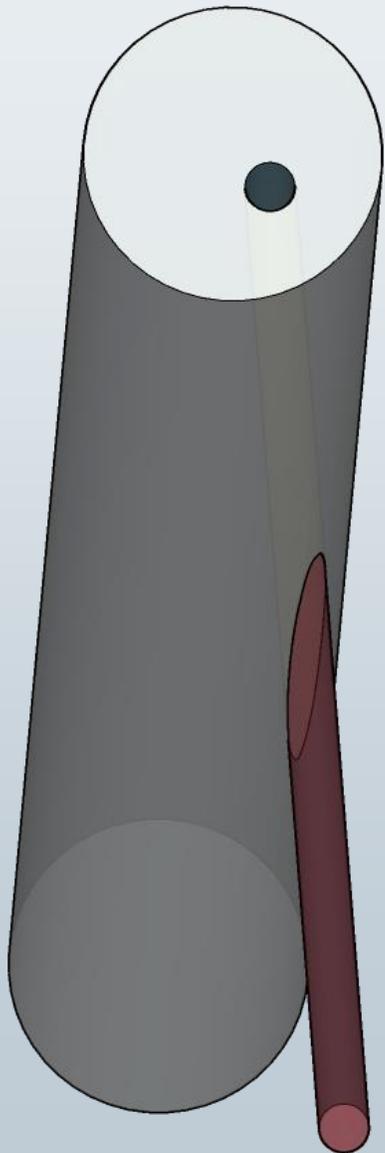


# Положение точек отбора керна



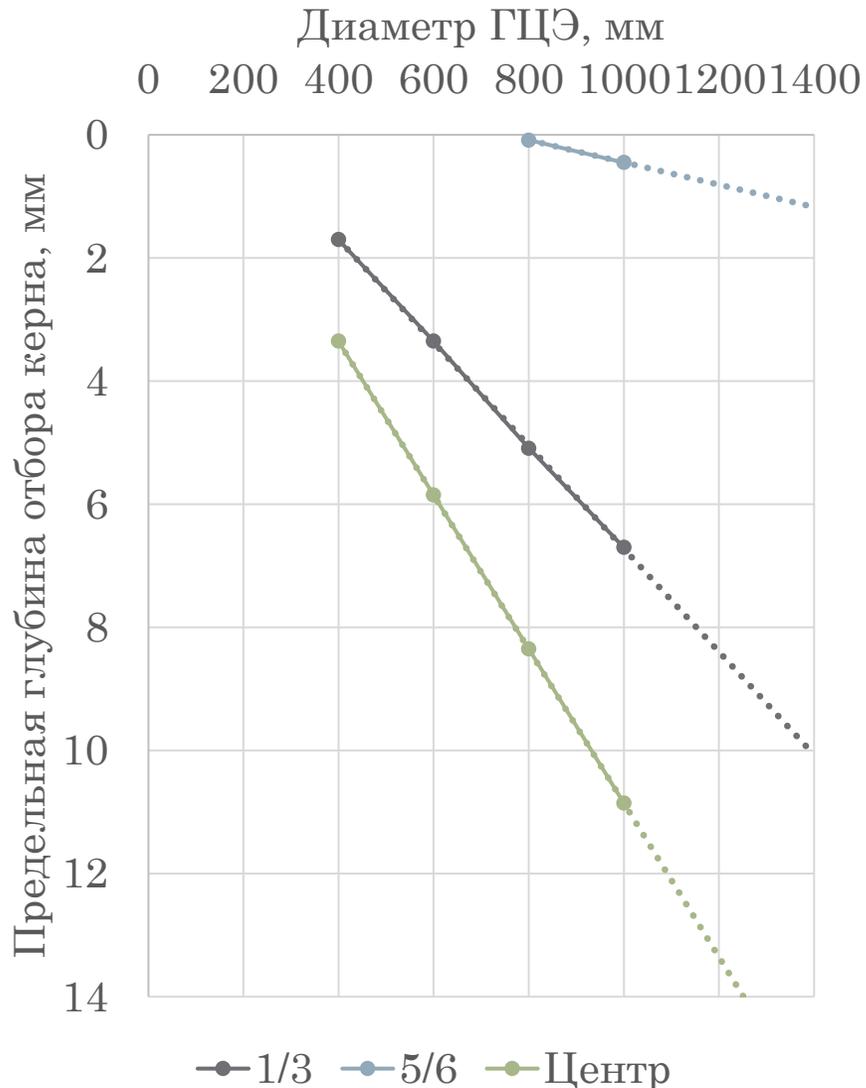
Для колонн  $\phi 800$  мм и менее керн отобрать невозможно даже на поверхности

# Выход бурового инструмента



СП 291.1325800.2017 Конструкции грунтоцементные, армированные п. 8.2.1: «...при отборе **керн** с **глубины более 5м возможен выход** бурового инструмента из тела грунтоцементного элемента в связи со статистическим отклонением скважин от вертикали 1...5%».

# Пределная глубина отбора керна



Положение отбора керна	Диаметры колонн, мм			
	Ø1000	Ø800	Ø600	Ø400
<b>1/3 R</b>	6,7	5,1	3,3	1,7
<b>5/6 R</b>	0,4	0,0	0,0	0,0
<b>Центр колонны</b>	10,0	8,3	5,8	3,3

**Вывод:** Отбор керна в 1/3R и 5/6R на всю длину ГЦЭ невыполним!

**Если цель отобрать на глубину более 3 м, то керн следует отбирать из центра ГЦЭ!**

# Колличество керна

СП 45.13330.2017 vs EN 12716:2018

# Количество образцов керна

- **СП 45.13330.2017 изм.3**

**16.5.19** Образцы из грунтоцементного элемента следует отбирать **через каждый метр** по глубине

- **16.5.18** «...не менее **трех скважин** с отбором кернов/точек отбора (в шурфах) **на каждые 1000 м, но не менее трех для каждых 100 грунтоцементных элементов**»;

## **EN 12716:2018 Приложение С :**

*«где необходимо, прочность ГЦЭ должна быть определена путем испытания **4х образцов**, отобранных из конструкции на каждые*

***500 м3** укрепленного **несвязного грунта** и каждые*

***250 м3** укрепленного **связного грунта** или грунта с органическими включениями, если другое не определено проектом».*

# Количество образцов кернa для 200 колонн

Jet1 d=700 мм, шт

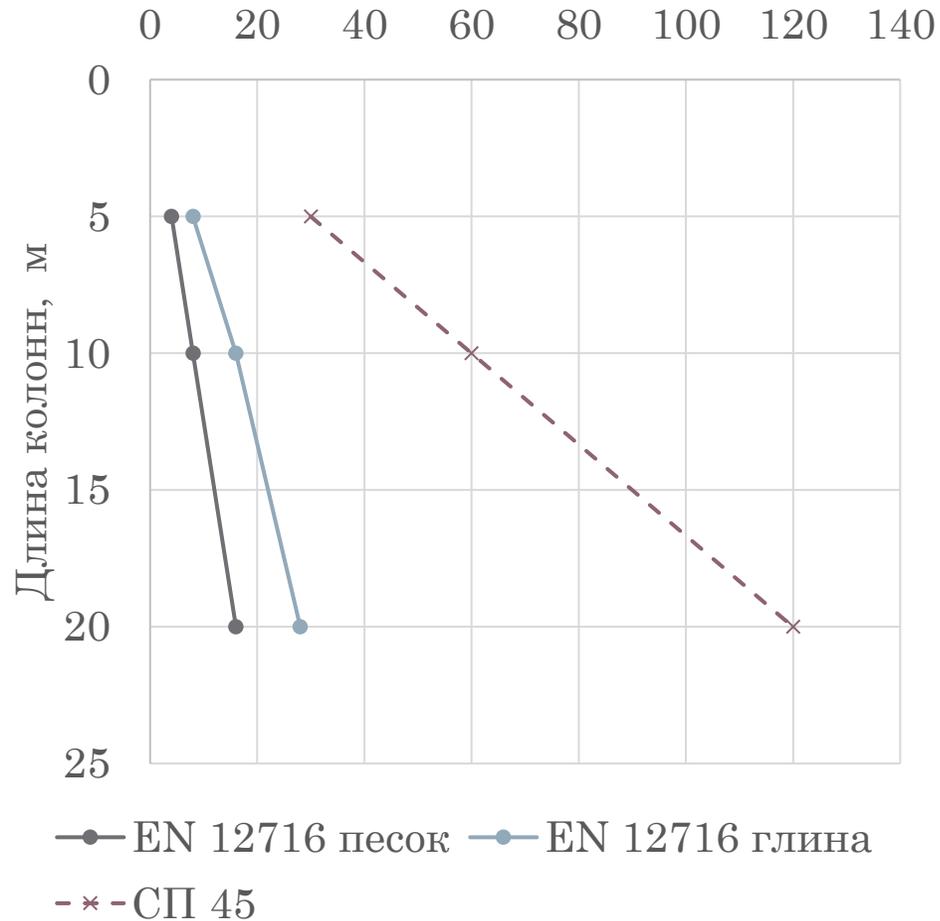
Длина колонн, м	EN 12716 песок	EN 12716 глина	СП 45	Превышение, раз
5	4	8	30	4
10	8	16	60	4
20	16	28	120	4

Jet2 d=1200 мм, шт

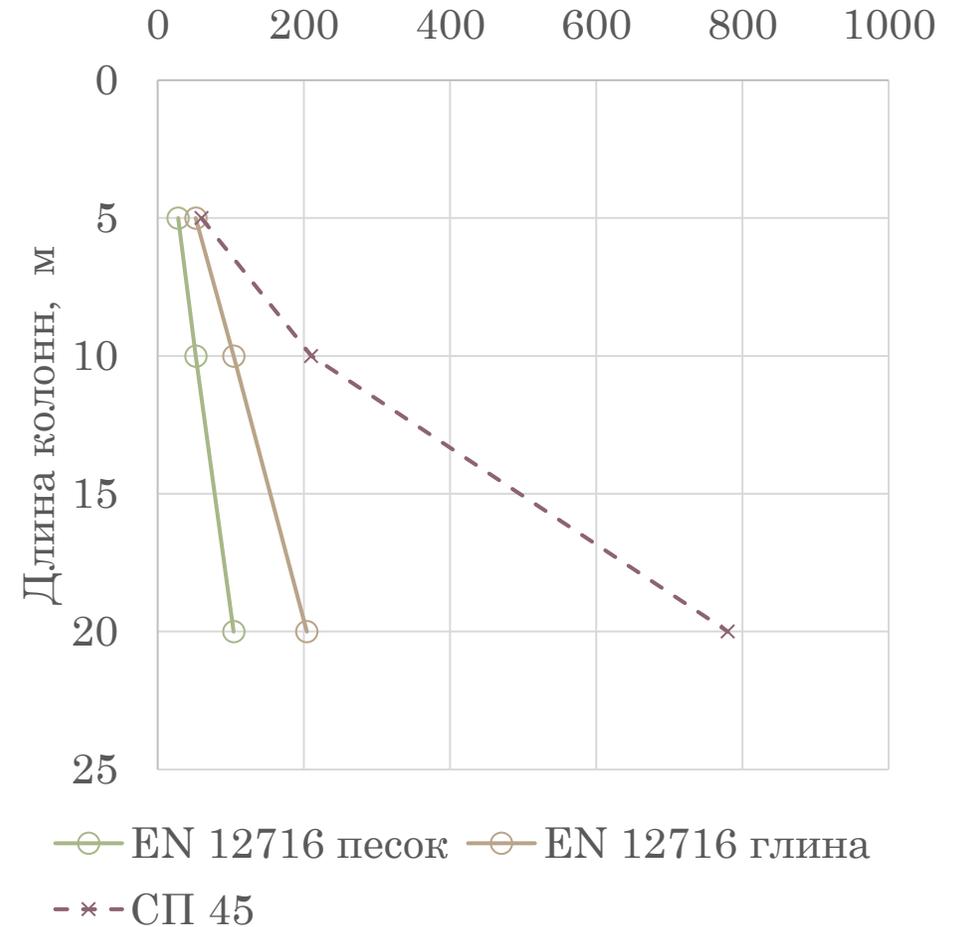
Длина колонн, м	EN 12716 песок	EN 12716 глина	СП 45	Превышение, раз
5	28	52	60	1
10	52	104	210	2
20	104	204	780	4

# Количество образцов кернa для 200 колонн

Количество кернов Jet1 d=700мм, шт



Количество кернов Jet2 d=1200 мм, шт



# Эксперимент по исследованию зависимости прочности от расстояния до центра

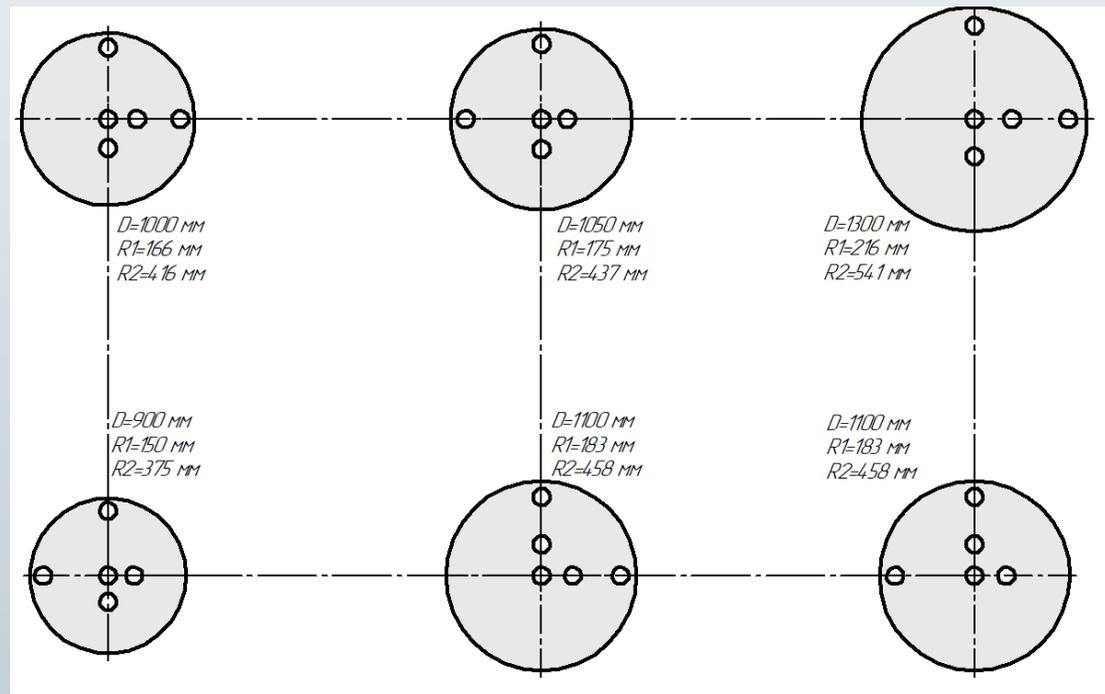
СП 45.13330.2017 Земляные сооружения, основания и  
фундаменты. п. 16.5.22

# Опытные колонны

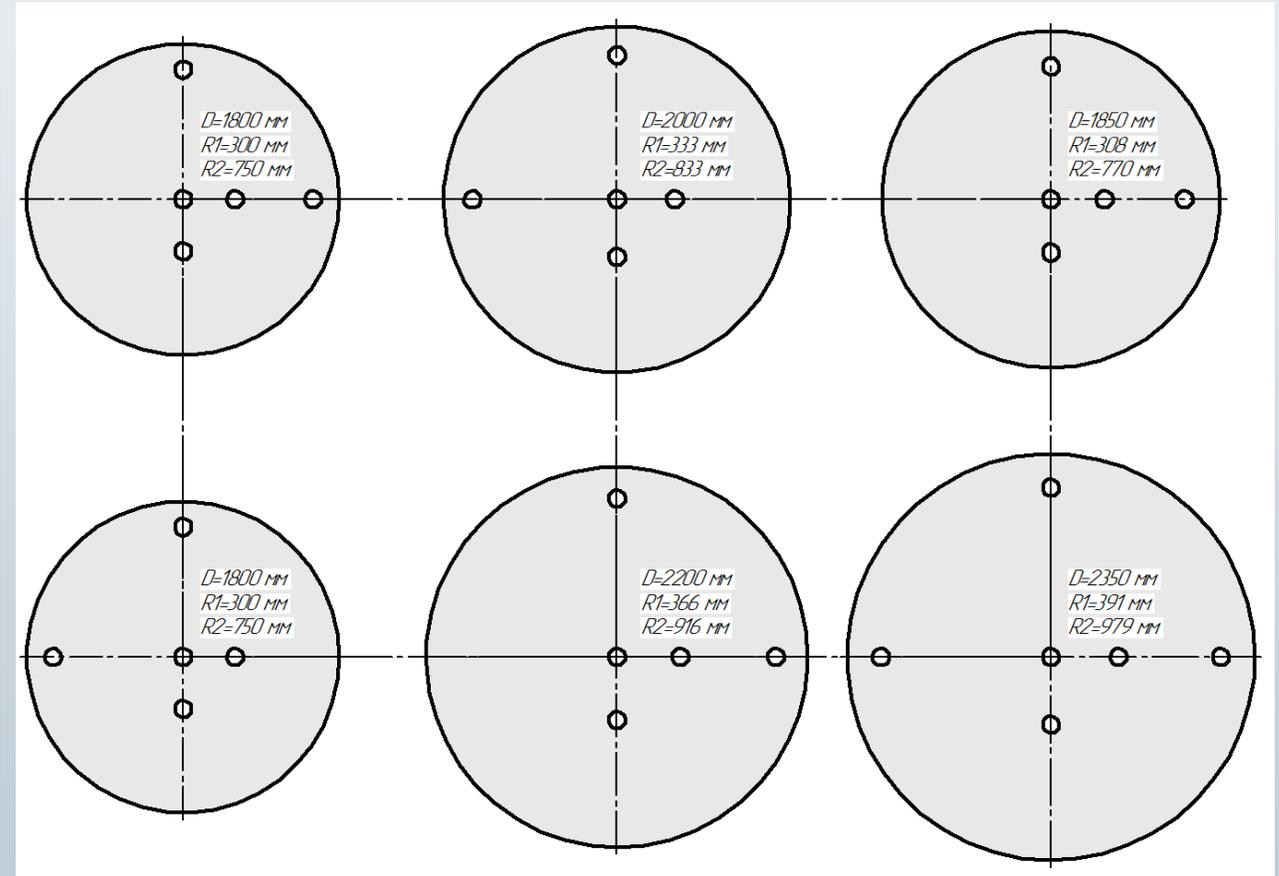


- Грунт площадки – суглинок мягкопластичный.
- Возраст образцов 120 сут.
- 1 образец из центра
- По 2 образца на  $1/3R$  и  $5/6R$

# ОПЫТНЫЕ КОЛОННЫ



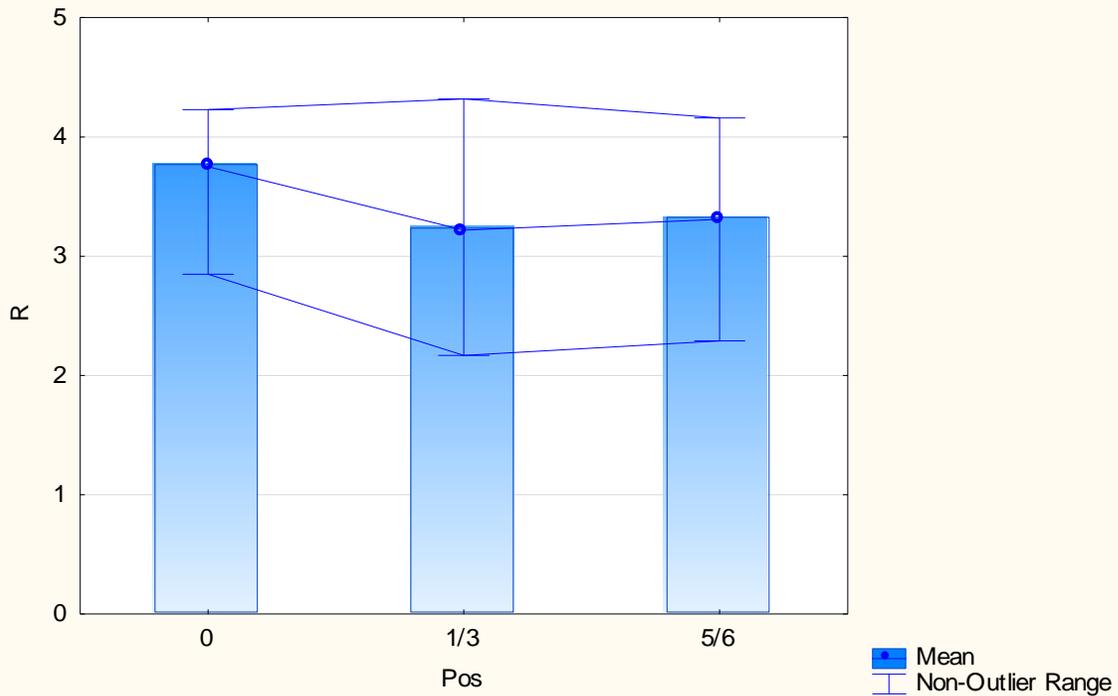
Jet1  $\varnothing 900 - \varnothing 1300$



Jet2  $\varnothing 1800 - \varnothing 2350$

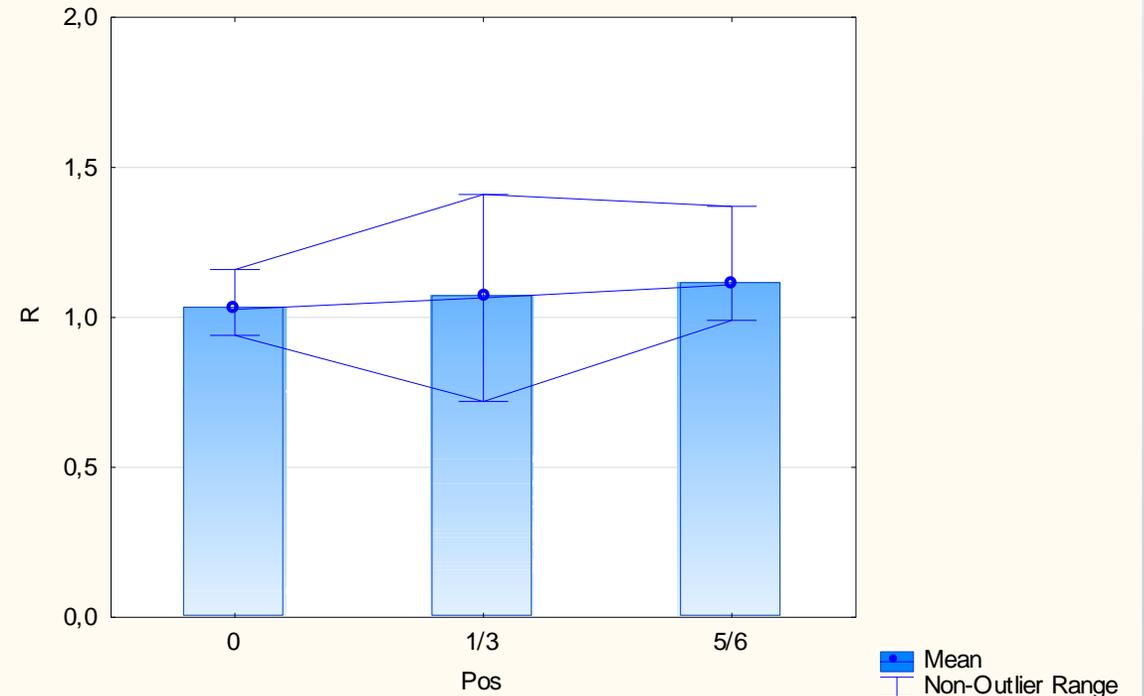
# ОПЫТНЫЕ КОЛОННЫ

Tech=Jet 1  
Mean Plot of R grouped by Pos  
Испытания 17V\*51с  
Exclude condition: NOT( "Tech" = "Jet 1" )



Jet1

Tech=Jet 2  
Mean Plot of R grouped by Pos  
Испытания 17V\*51с  
Exclude condition: NOT( "Tech" = "Jet 2" )



Jet2

# T-критерий для независимых выборок

Технология	Рассматриваемые группы	p уровень значимости
Jet 1	1/3 и 5/6	0,83
Jet 1	0 и 1/3	0,22
Jet 1	0 и 5/6	0,32
Jet 2	1/3 и 5/6	0,31
Jet 2	0 и 1/3	0,21
Jet 2	0 и 5/6	0,89

Различие результатов двух групп считаются статистически значимым, если критерий P-уровень значимости менее 0,05.

**Вывод:** для рассмотренных данных статистически значимого различия прочности в зависимости от положения отбора керн не обнаружено.

# Набор прочности от времени

СП 45.13330.2017 Земляные сооружения, основания и  
фундаменты. п. 16.5.22

# Прочность во времени

## СП 45.13330.2017 изм.3

16.5.20 Физико-механические характеристики грунтоцемента определяют испытаниями образцов в возрасте не менее 14 сут. Класс по прочности грунтоцемента определяют на образцах в возрасте 56 сут. Переход от прочности в возрасте 28 сут к прочности в промежуточном возрасте выполняют по формуле:

$$R_n = 0,7 R_{28} \lg(n)$$

Формула в СП 45 – упрощенная формула для бетона

$$R_n = R_{28} \frac{\lg(n)}{\lg(28)}$$

Формулу в СП 45 следует адаптировать для грунтоцемента:

$$R_{56} = R_n \frac{\lg(56)}{\lg(n)}$$

# Выводы:

1. Рекомендуется в расчетах принимать  $\delta \geq 2\%$
2. Отбор керн в 1/3R и 5/6R на всю длину ГЦЭ невыполним!
3. Отбор керн выполнять по EN: 4 шт на 500/250 мЗ.
4. Зависимость прочности от расстояния до центра отсутствует.
5. Необходимо изменить формулу пересчета прочности ГЦ от возраста.