

# Железобетонные многогранные стойки из самоуплотняющегося бетона – аналог центрифугированных стоек для опор ВЛ

X Международная научно-практическая конференция  
«ОПОРЫ И ФУНДАМЕНТЫ ДЛЯ ВЛ:  
ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА»  
5–7 июля 2023

Санкт-Петербург

Румянцева Елизавета Олеговна,  
ведущий инженер НИЛКЭС  
ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»  
[e.o.bondareva@nilkes.ru](mailto:e.o.bondareva@nilkes.ru)  
[www.nilkes.ru](http://www.nilkes.ru)

## Технические решения для железобетонных центрифугированных стоек по ГОСТ



Основная масса железобетонных центрифугированных стоек длиной **22,6 и 26 м** представлена в **ГОСТ 22687.1-85** и серии **3.407.1-175**



**Бетон** класса **B30-B40**



В качестве напрягаемой и ненапрягаемой арматуры используется как правило арматура **12AV, 12AIV**. Также в качестве напрягаемой арматуры могут использоваться арматурные **канаты 12K7, 14K19**



Для изготовления закладных деталей используются **уголки 36x4, 40x4, 50x5, 160x10**



Стойки в нижней части имеют **подпятники**

## Современные секционированные центрифугированные стойки

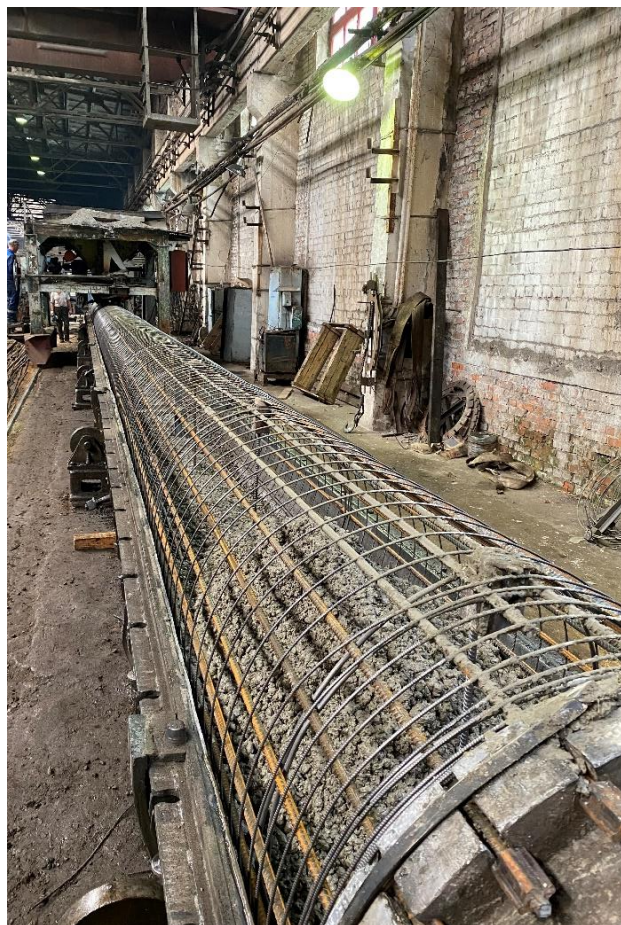
- Имеют соединительный фланец, устанавливаемый вместе с арматурным каркасом в опалубку
- С 2014 года секционированные стойки применяются при новом строительстве и реконструкции ВЛ 35-500 кВ
- Секционирование стоек упростило доставку опор на линии. Жёсткость коротких секций уменьшила вероятность повреждения при доставке.
- Любые стойки по ГОСТ 22687.1(2)-85 могут быть заменены на их секционированные аналоги с увеличенным сроком службы
- Возможность установки опор на фундамент расширила их область применения (увеличение высоты подвески проводов и пролётов, установка опоры в сложных грунтовых условиях)



Соединительный фланец



## Технология центрифугирования бетона



Арматурный каркас с бетонной смесью



Сборка формы



Центрифугирование

## Актуальность применения технологии самоуплотняющегося бетона

Самоуплотняющаяся бетонная смесь (СУБС) – бетонная смесь, которая способна течь и уплотняться под действием собственного веса, полностью заполняя опалубку даже в присутствии густо расположенной арматуры, сохраняя однородность, и не требуя дополнительного уплотнения.



**УЛААНБААТАР  
МЕНЕЖМЕНТ ХХК**



- Активное развитие электрических сетей Монголии
- Потребность в железобетонных стойках для ВЛ 35-500 кВ
- Завод оснащен необходимым оборудованием для изготовления СУБС
- Имеется опыт применения СУБС для мостовых конструкций



Укладка в форму СУБС

## Разработка секционированных стоек из самоуплотняющегося бетона с параметрами стоек по ГОСТ 22687.1-85

Определение геометрических параметров стоек  
длиной 22,6 и 26 м

Разработка схем армирования

Расчет соединительного фланца

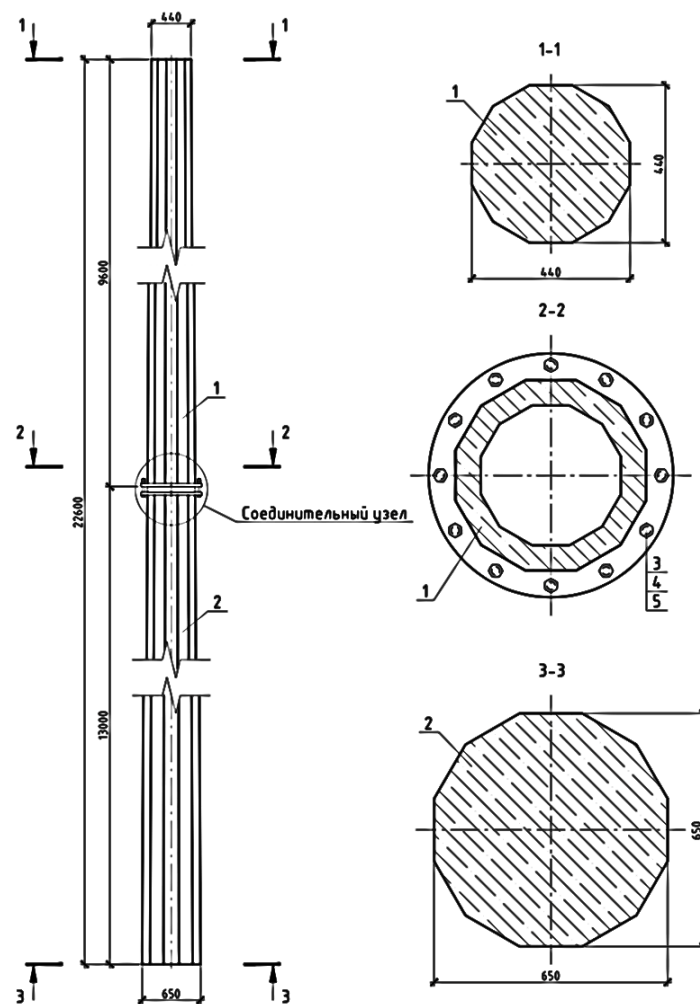
Разработка чертежей

Разработка программы испытаний опытных образцов



## Выбор геометрических параметров

- Стойка должна иметь возможность установки **типовых траверс и тросостоек**
- Стойка должна быть **секционированной** для упрощения их доставки до места строительства
- Возможность изготовления опалубки **многогранного сечения**
- Новые стойки должны **заменять стойки круглого сечения** без пересчёта ветровых нагрузок
- Ветровое давление на **12-гранную** стойку меньше, чем на 10-гранную. Коэффициент лобового сопротивления (СП 20.13330):  
 $C_x^{10} - 1,2;$   
 $C_x^{12} - 1,0$



## Воздействие ветра на круглые и многогранные стойки

Изгибающий момент на уровне земли для стоек длиной 26 м при заглублении 3,3 м, тм			
Ветровое давление, кг/м <sup>2</sup>	Круг	12-гранник	Увеличение
	$C_x = 0,75$	$C_x = 1,0$	
50	10,1	13,5	+ 3,4
80	16,1	21,5	+ 5,4

Изгибающий момент на уровне земли для стоек длиной 22,6 м при заглублении 3,3 м, тм			
Ветровое давление, кг/м <sup>2</sup>	Круг	12-гранник	Увеличение
	$C_x = 0,75$	$C_x = 1,0$	
50	7,2	9,6	+ 2,4
80	11,6	15,4	+ 3,8



## Варианты армирования многогранных стоек

L = 22,6 м

L = 26 м

СКСМ22.1  
Mx = 55,5 тМ

СКСМ22.2  
Mx = 65,1 тМ

СКСМ26.1  
Mx = 55,0 тМ

СКСМ26.2  
Mx = 70,7 тМ

Для замены центрифугированных стоек по ГОСТ 22687.1-85

Mx < 35 тМ

35 тМ < Mx < 53,5 тМ

Mx < 35 тМ

35 тМ < Mx < 58,9 тМ

# Расчетный анализ

Расчеты армирования выполнены в авторской программе НИЛКЭС

Расчеты соединительных фланцев выполнены в программе SOLIDWORKS

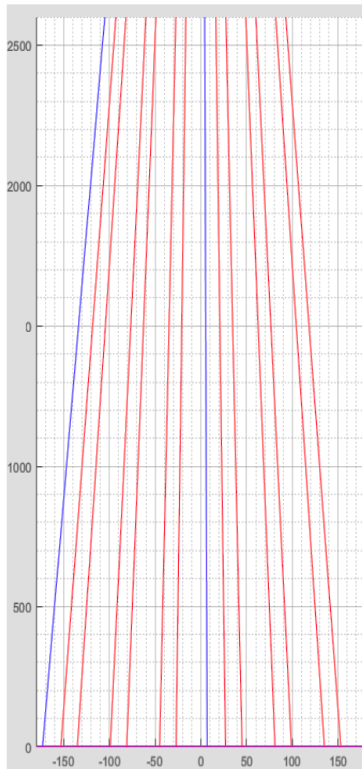
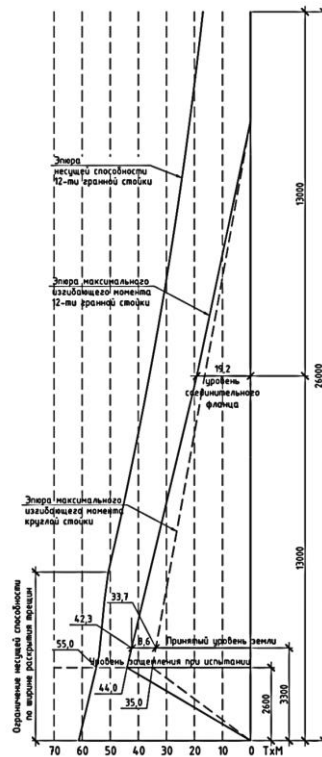
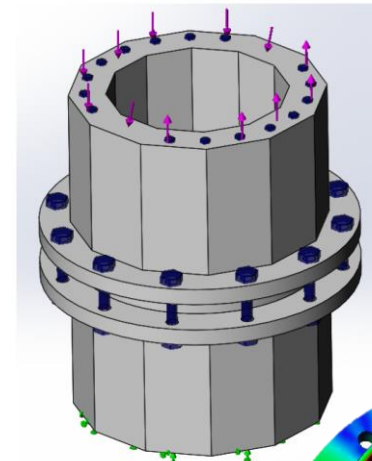


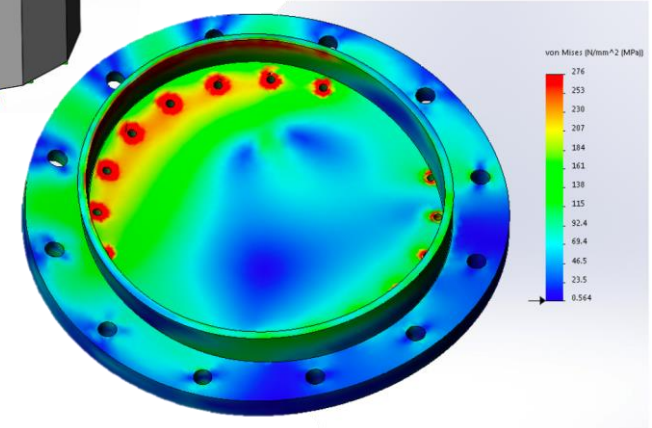
Схема армирования стойки СКСМ26.1



Эпюра несущей способности  $M_x$  стойки СКСМ26.1



Расчётная схема узла соединения секций стоек



Напряжения по Мизесу во фланце

## Программа испытаний

- ✓ Испытания по **прочности, жесткости и трещиностойкости** выполняются в соответствии с **ГОСТ 22687.1-85**
- ✓ Нагружение стоек производят ступенчато-возрастающими нагрузками
- ✓ Для 4-х опытных образцов многораных стоек

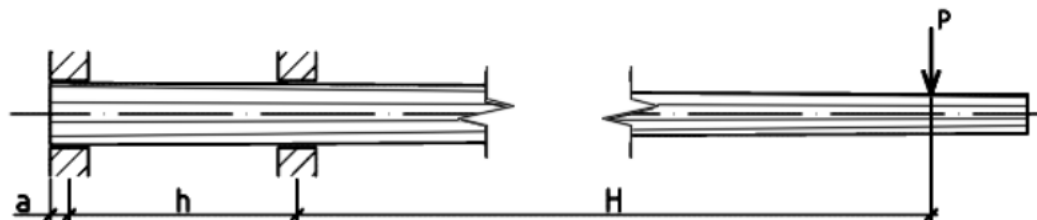
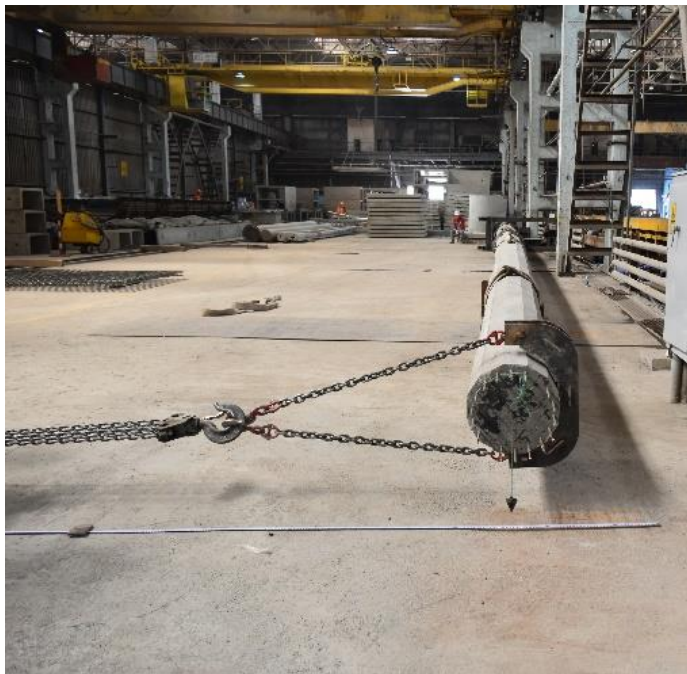


Схема опирания и загрузки стоек при испытании

Марка стойки	Параметр	Ступени нагрузки, %								
		25	50	75	83,3	100	110	120	130	140
СКСМ26.1	Нагрузка, тс	0,56	1,13	1,70	1,88	2,26	2,49	2,71	2,94	3,16
	Прогиб, см				27,9	38,3				
	Ширина трещин, мм				0,087					
СКСМ26.2	Нагрузка, тс	0,87	1,74	2,61	2,90	3,48	3,83	4,18	4,52	4,87
	Прогиб, см				53,1	79,8				
	Ширина трещин, мм				0,145					

## Испытания многогранных стоек



Начало испытаний, стойка 26 м



Стойка нагружена на 155% (3,21 т)  
Отклонение стойки на 3,2 м



При снятии нагрузки вернулась  
в исходное положение  
без остаточных деформаций

На ступени нагрузки 83,3% (1,9 т) раскрытие трещин – 0,01 мм, при 155% – 0,35 мм



## Результаты работы

Разработаны многогранные железобетонные стойки опор ВЛ 35-500 кВ

Заменяют собой центрифугированные стойки по ГОСТ 22687.1-85

Изготовлены из СУБС (без центрифугирования)

Имеют узел секционирования

Имеют два типоразмера и два варианта армирования

Сокращают затраты на строительство ВЛ 35-500 кВ в Монголии за счёт использования местных производственных мощностей и ресурсов

**По всем интересующим Вас вопросам,  
ОБРАЩАЙТЕСЬ К НАШИМ СПЕЦИАЛИСТАМ!**

**Румянцева Елизавета Олеговна,**  
Ведущий инженер НИЛКЭС  
[e.o.bondareva@nilkes.ru](mailto:e.o.bondareva@nilkes.ru)

Группа в **ВКонтакте**



Научно-исследовательская лаборатория  
конструкций электросетевого строительства  
(НИЛКЭС) Санкт-Петербург

8 (812) 309-39-61  
[www.нилкэс.рф](http://www.нилкэс.рф)

Группа в **Telegram**

