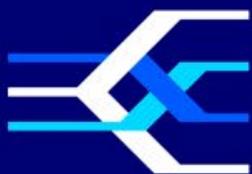


# Система полуавтоматического ремонта ЛЭП под напряжением

Ярославский Данил Александрович  
К.т.н., доцент кафедры ТОЭ ФГБОУ ВО  
Казанский государственный энергетический университет

2023 / 5–6 июля

Москва / Конгресс-центр ЦМТ



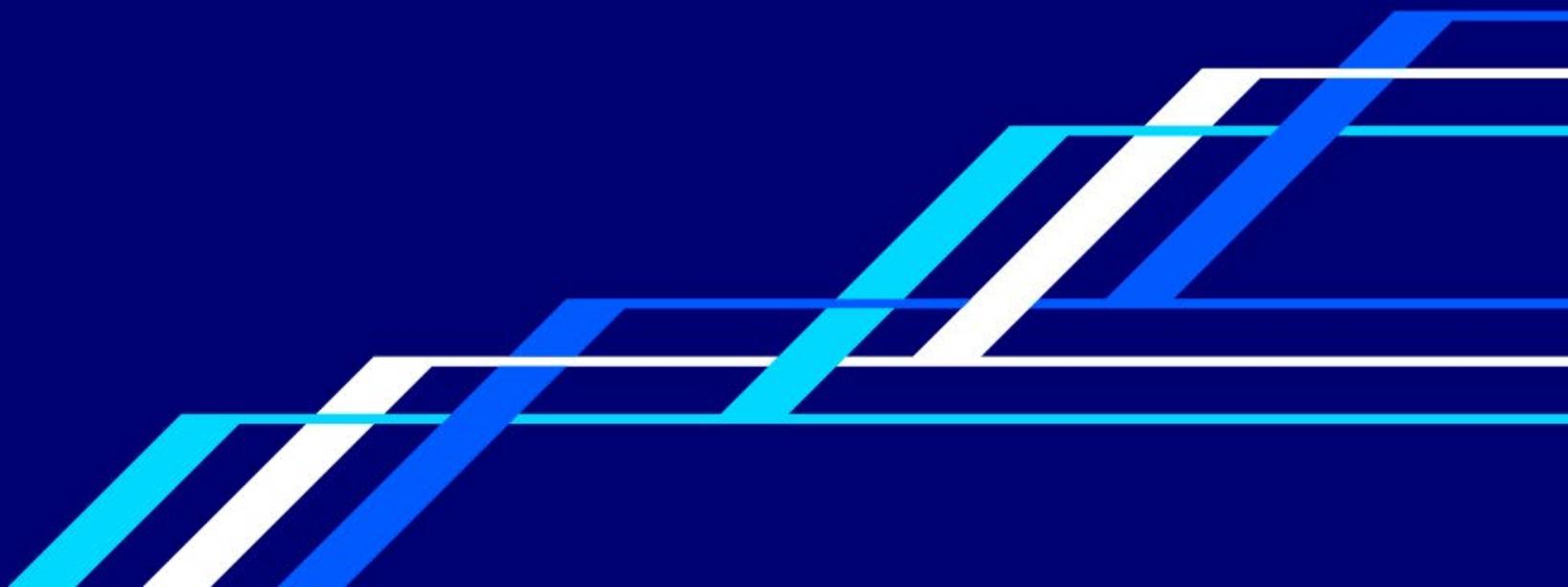
VIII Международная  
научно-техническая конференция

«Развитие и повышение надежности  
распределительных электрических сетей»

ОРГАНИЗАТОРЫ

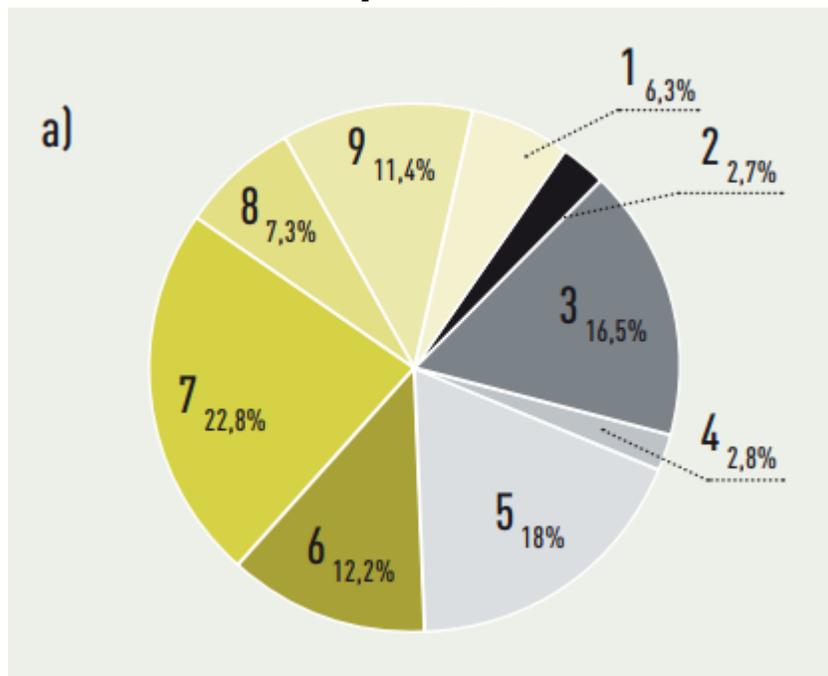


# 1. Актуальность и проблема

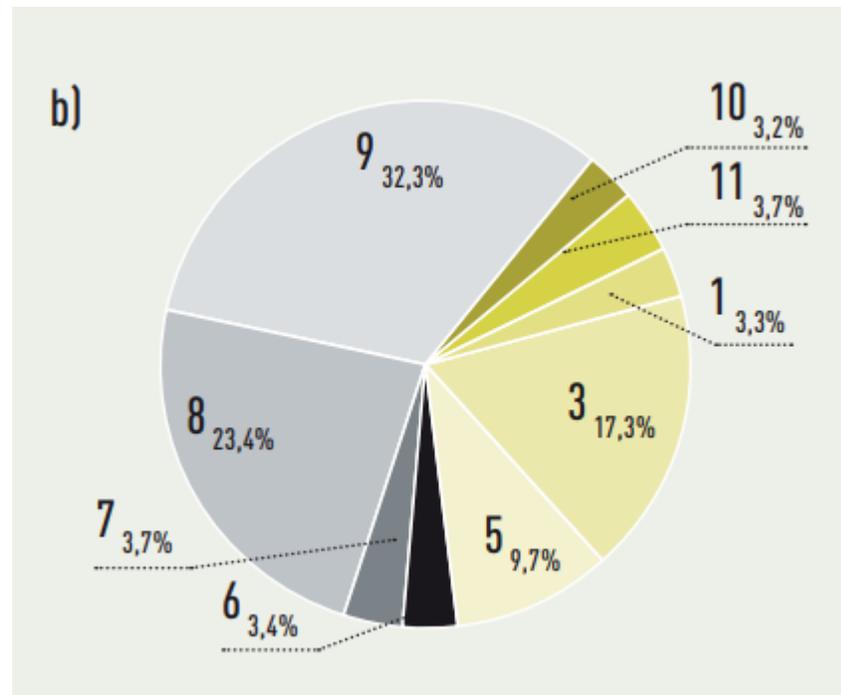


# Причины повреждаемости проводов и грозотросов ВЛ

провода



грозотросы



1 – пляска, вибрация; 2 – хищение; 3 – гололед, ветровые нагрузки, 4 – повреждения на выходе провода из зажима; 5 – посторонние воздействия; 6 – дефекты проектирования, монтажа; 7 – дефекты эксплуатации; 8 – атмосферные перенапряжения; 9 – снижение прочности, коррозия; 10 – протекание токов короткого замыкания; 11 – прочие причины. (ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» )

## Сведения о количестве отключений, объёме недопоставленной электроэнергии и экономическом ущербе в ОАО «ФСК ЕЭС» за год

МЭС	Всего за год			
	Технологических нарушений	В том числе ошибок персонала	Недоотпуск (тыс.кВт/ч)	Экономический ущерб (тыс.руб)
Волги	152	1	20,76	0,00
Востока	300	2	2296,33	1822,39
Западной Сибири	122	1	272,29	38954,68
Северо-Запада	199	6	122,07	3526,49
Сибири	298	0	349,35	239,15
Урала	216	2	140,07	813,67
Центра	374	5	25,93	200000,00
Юга	293	1	338,09	126,60
<b>Всего</b>	<b>1954</b>	<b>18</b>	<b>3564,89</b>	<b>24 5482,98</b>

## Средняя продолжительность пребывания в ремонте ВЛ 35-500 кВ, % длительности всех видов ремонта ВЛ

Вид работы	Металлические опоры			Железобетонные опоры			Деревянные опоры 35 – 110 кВ
	35- 110 кВ	220- 330 кВ	500 кВ	35- 110 кВ	220- 330 кВ	500 кВ	
Ремонт, окраска опор	11-22	7-9	2-3	15-38	10-14	4-5	57-58
Ремонт провода, арматуры	19-21	6-7	4-5	13-15	5-8	1	10-11
Замена изоляторов	43-49	70-78	80	27-46	61-70	90-92	15-21

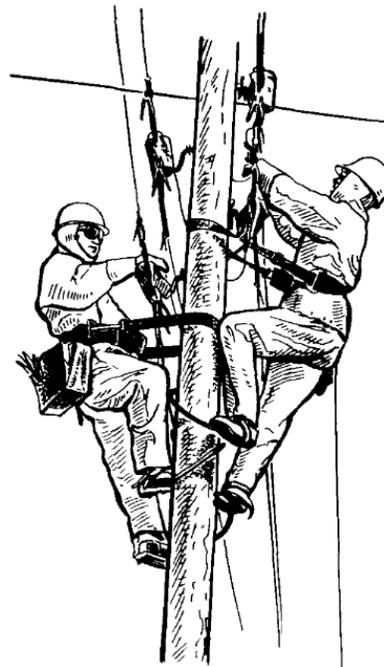
Из приведенных данных видно, что пребывание линий электропередачи в состоянии ремонта и технического обслуживания составляет небольшую часть всего времени работы. Однако на время отключения линии для проведения на ней необходимых работ снижается надежность электроснабжения или ограничивается передача электроэнергии. При этом увеличивается расход электроэнергии на ее транспорт или вообще прекращается питание потребителей, если отключается радиальная линия.

## Ремонт ЛЭП под напряжением



Центр работ под напряжением

В целях обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей, питающихся от нерезервируемых воздушных линий распределительной сети, применяется система ремонта и обслуживания линий без вывода их из работы, т.е. под рабочим напряжением.



Ремонт под напряжением ВЛ 0,38 кВ

# Производственный травматизм (по отчетам ПАО «ФСК ЕЭС» - МЭС)

Динамика производственного травматизма за 2017-2021 гг.



В 2021 году в ФСК ЕЭС произошло 6 случаев производственного травматизма, в результате которых пострадали 9 работников, из них 2 работника погибли, 3 работника получили травмы тяжелой степени, 4 работника получили травмы легкой степени тяжести.

Основной причиной возникновения несчастных случаев явилась неудовлетворительная организация безопасного выполнения работ. (на основе годовых отчетов, представленных ФСК ЕЭС).

Частота травматизма в разбивке по подразделениям в 2021 году

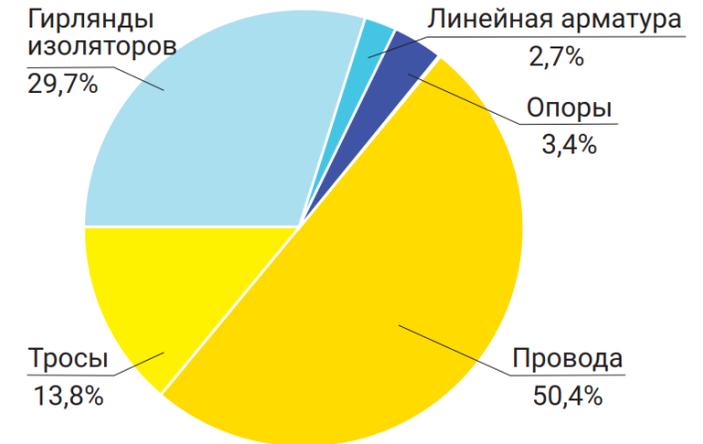
Наименование филиала	Коэффициент частоты общего травматизма (Кч) <sup>54</sup>	Число пострадавших работников
МЭС Центра	-	-
МЭС Северо-Запада	0,871	2 – с тяжелой степенью тяжести
МЭС Юга	-	-
МЭС Волги	0,459	1 – смертельный исход
МЭС Урала	0,955	4 – с легкой степенью тяжести
МЭС Сибири	-	-
МЭС Востока	0,908	1 – смертельный исход 1 – с тяжелой степенью тяжести
<b>Итого по ПАО «ФСК ЕЭС»</b>	<b>0,418</b>	<b>9 пострадавших</b>

**ОБЩАЯ ПРОТЯЖЕННОСТЬ ЛЭП  
ПАО «РОССЕТИ» - 2,45 МЛН. КМ.  
ПАО «ФСК ЕЭС» - МЭС - 145,9 тыс. КМ**

# Гололедообразование на ЛЭП

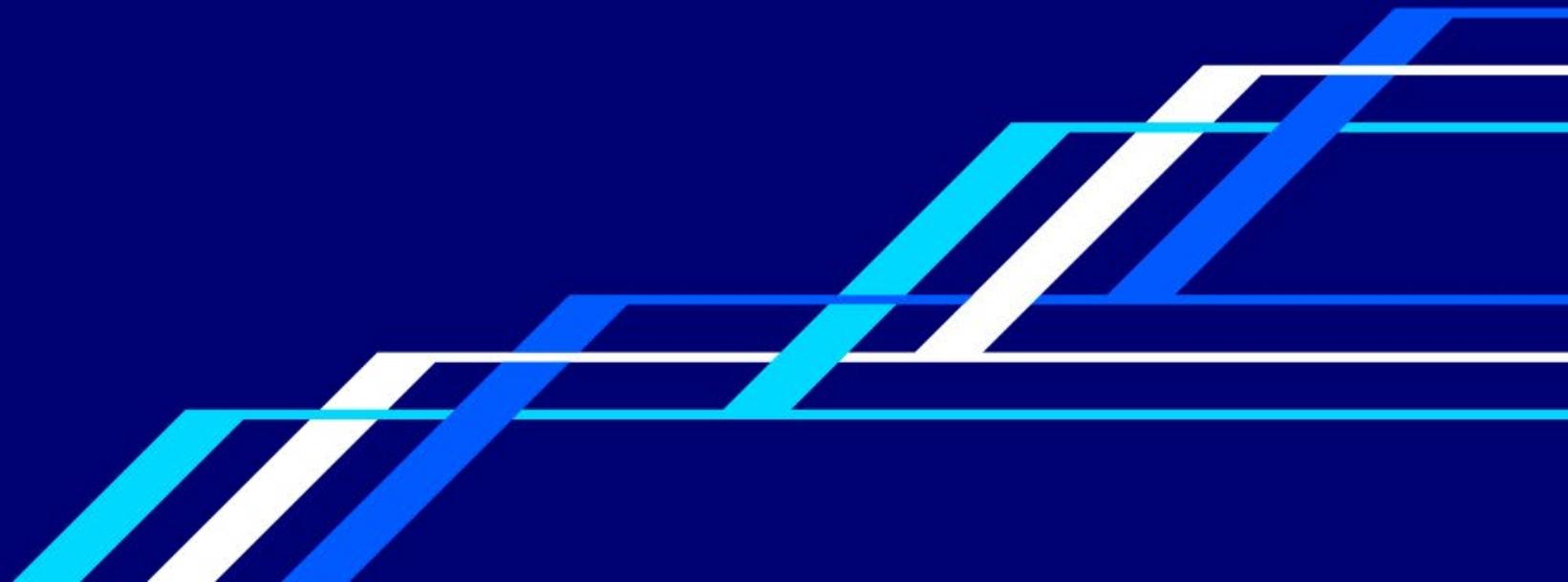


Гололедообразование на ЛЭП в ПАО «Татфнеть»

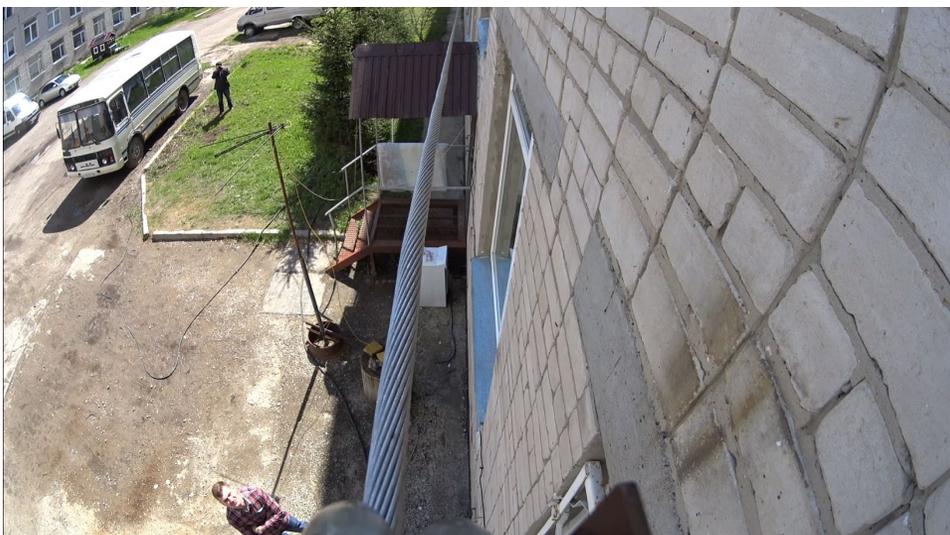
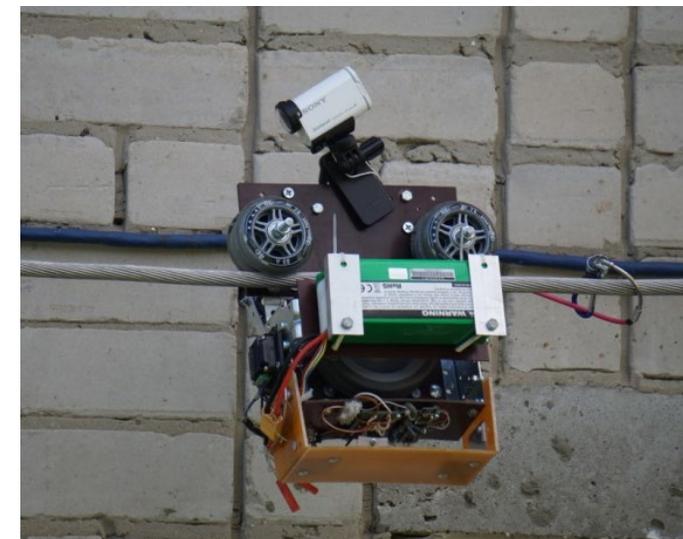
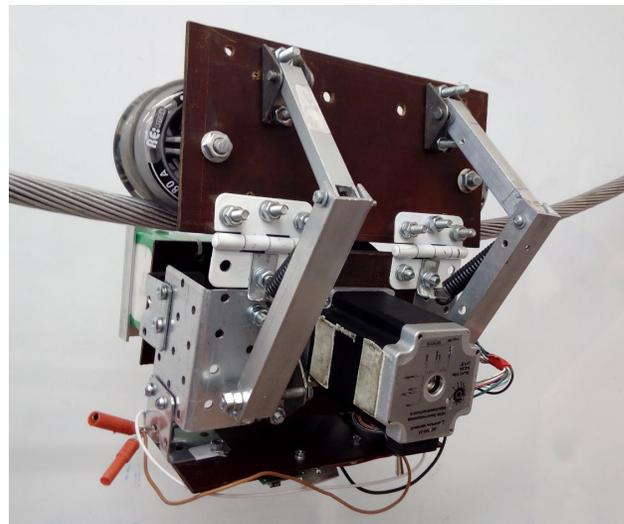
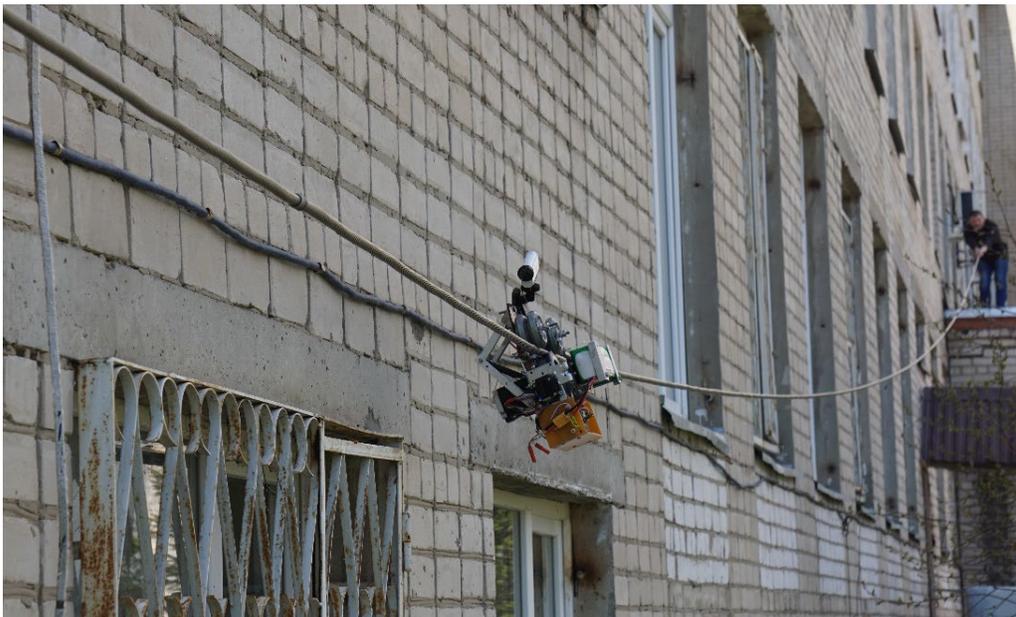


Проблема борьбы с обледенением проводов линий электропередач довольно остро стоит по всему миру. Большинство существующих на сегодняшний момент автоматизированных роботизированных систем, движущихся по проводам ЛЭП, предназначены только для осмотра и диагностики текущего состояния линий электропередачи, но не для активных действий по устранению дефектов.

## 2. Решение

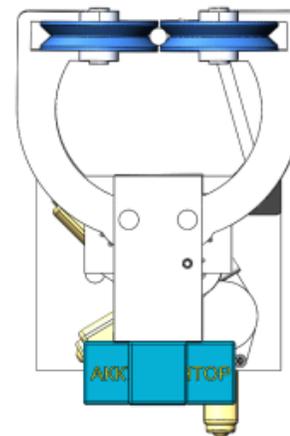
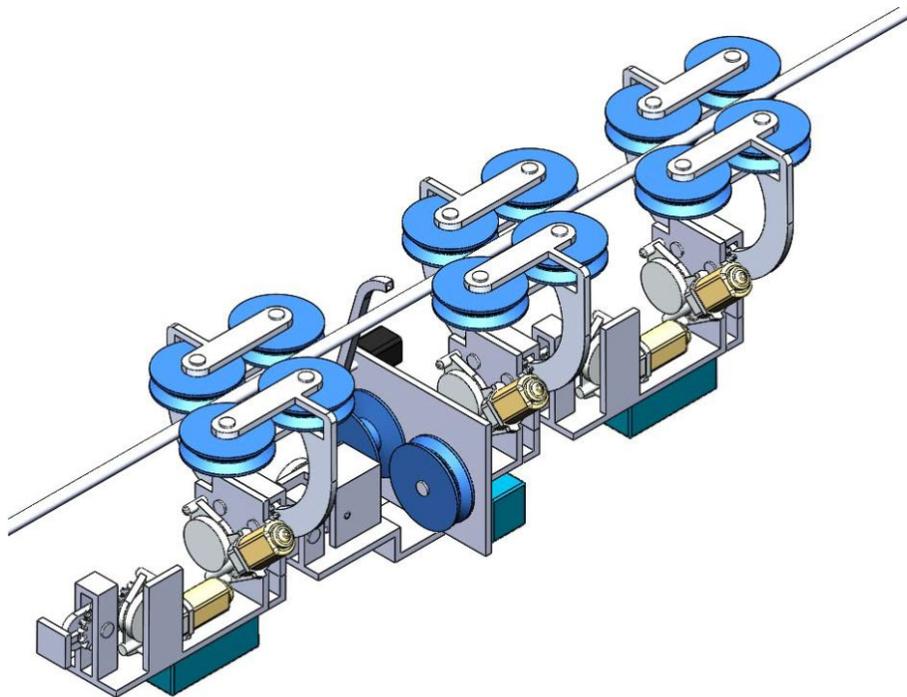


# Система полуавтоматического ремонта ЛЭП под напряжением. Испытательный образец 1

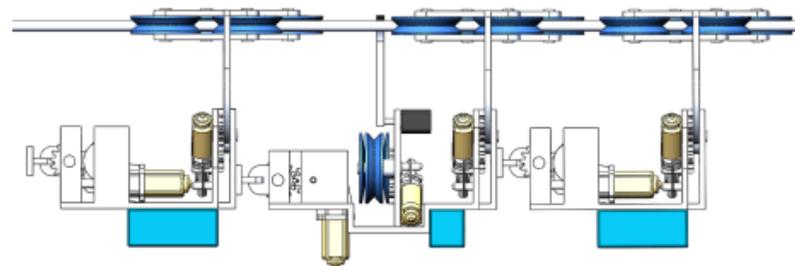


На прототип была установлена видеочкамера для съемки провода. Прототип успешно прошел 50 метров по испытательному проводу АС-120.  
Управление осуществлялось по радиоканалу.

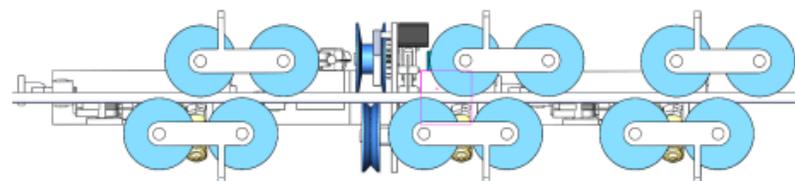
# Система полуавтоматического ремонта ЛЭП под напряжением: Испытательный образец 2.



Конструкция «Роботизированного комплекса для удаления гололедно-изморозевых отложений на проводах воздушных ЛЭП». Вид спереди.

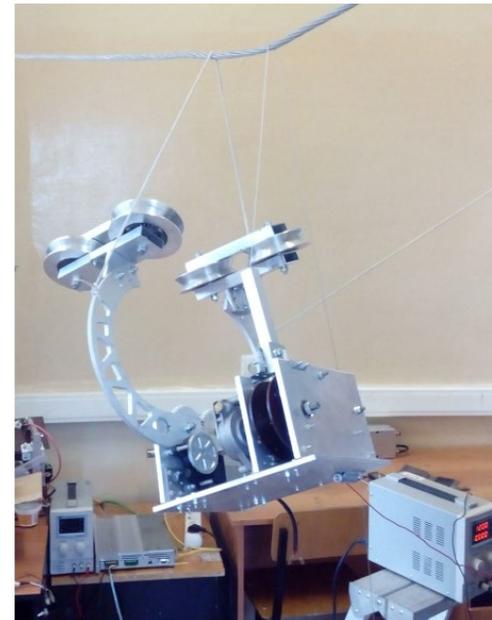


Конструкция «Роботизированного комплекса для удаления гололедно-изморозевых отложений на проводах воздушных ЛЭП». Вид справа.



Конструкция «Роботизированного комплекса для удаления гололедно-изморозевых отложений на проводах воздушных ЛЭП». Вид сверху.

# Система полуавтоматического ремонта ЛЭП под напряжением: Испытательный образец 2. Одна секция



## Параметры работы

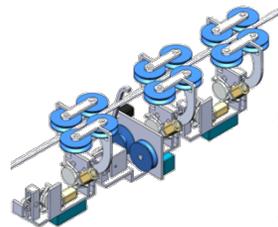
### Функции, выполняемые роботизированным комплексом Системы полуавтоматического ремонта ЛЭП:

- удалённое управление платформой;
- электромагнитная/ультразвуковая диагностика изоляторов на ВЛ;
- инфракрасная съёмка;
- магнитный контроль состояния стального сердечника, при наличии;
- установка на провод или грозотрос временных ремонтных зажимов (муфт, шунтов) для фиксации расплетений провода или грозотроса;
- борьба с гололёдно-изморозевыми отложениями плотностью не более  $0.3 \text{ кг/м}^3$ ;
- автоматизированный процесс обработки данных.

## Технические характеристики роботизированного комплекса

- перемещение по проводу: на роликах с возможностью преодоления препятствий, таких места как креплений проводов и соединителей для линий 35 кВ с подвесной изоляцией;
- запас хода: не менее 5 км;
- передача информации: удалённый GSM канал (местоположение, выполняемые функции и состояние робота);
- масса роботизированного комплекса: не более 55 кг;
- температурная зона:  $-5 \div +40$  °C.

# Анализ конкурентов



Параметры	Предлагаемая система	Канатоход	LineRanger	LineScout	CIR LiDAR
Страна	Россия	Россия	США	Канада	Китай
Всепогодность	+	-	+	+	+
Дистанционный контроль	+	+	+	+	+
Тепловизор	+	+	+	+	-
Детектор ЧР	+	+-	-	-	-
3D сканирование	+	+	-	+	+
Автоматическая обработка данных	+	+-	-	+	+
Борьба с ГИО	+	-	-	+	-
Частичный ремонт	+	+	-	+	-

## Рынок

Рынок продукта достаточно велик: только в компании ПАО «Россети» в настоящее время общая протяженность ЛЭП напряжением 0,4-110 кВ составляет **2,45 МЛН. КМ.**

Система позволит производить ремонт без вывода из эксплуатации оборудования, что уменьшит недоотпуск электроэнергии, поставляемый энергетическими компаниями.

Потребители создаваемой продукции:

Российские и зарубежные генерирующие компании, ресурсодобывающие компании, производственные предприятия с собственными разветвленными воздушными линиями электропередачи



**Спасибо за внимание!**

