

# «Автоматизированные аппаратные комплексы ускоренной сушки изоляции силового электрооборудования ИК-излучением (INFRA)»

ООО «ЭнергоПневмоТранс»

Иркутск 2022 г.

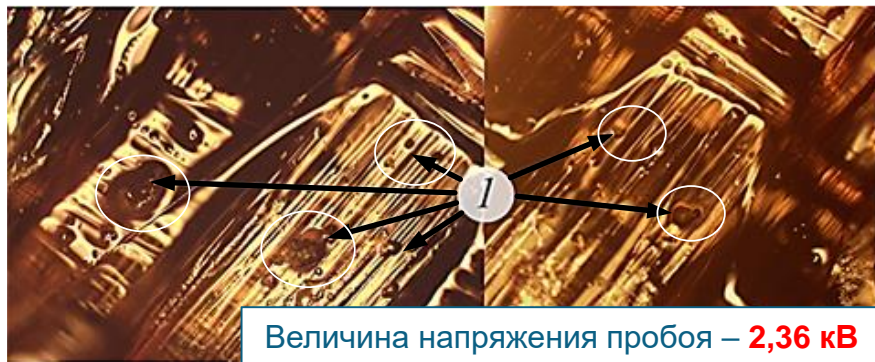
# РЕШАЕМАЯ ПРОБЛЕМА



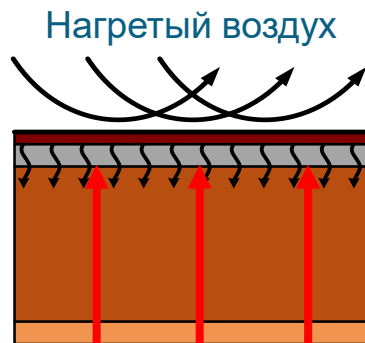
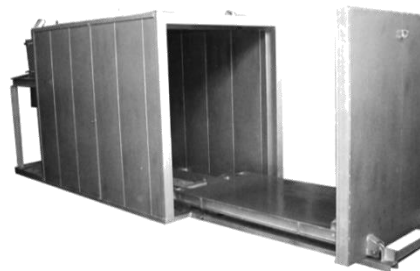
- Длительность процесса сушки изоляции электрооборудования (электрические машины, трансформаторы и др.) в электрических печах (**10-20 часов**);
- Существенные затраты электроэнергии (мощности печей **40-120 кВт**);
- Низкое качество изоляции (**образование микротрещин**).



Поверхность изоляции после сушки в печи:



1 – полости (микротрещины)

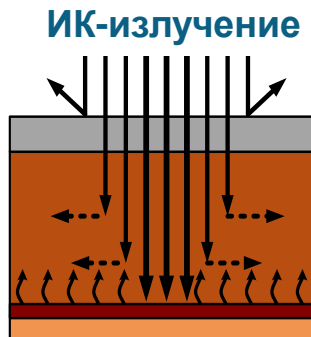
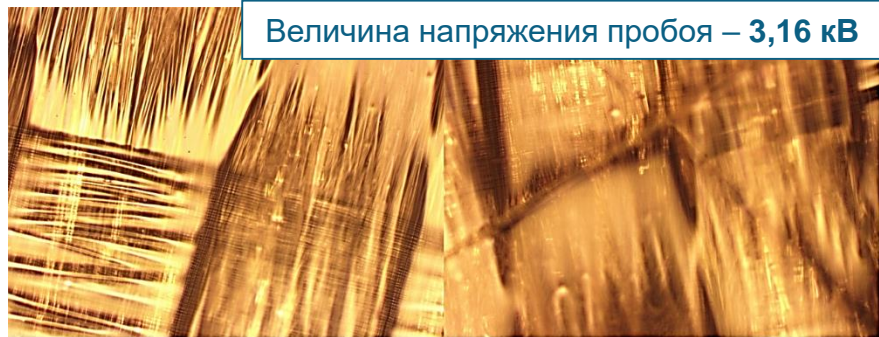
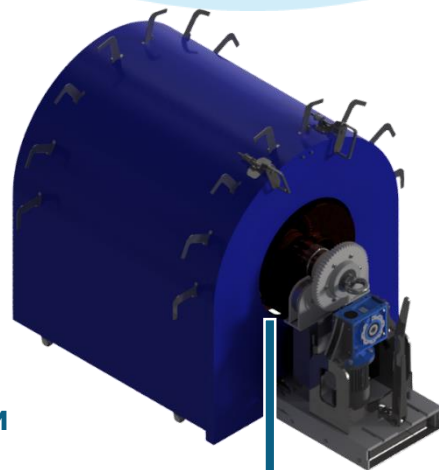


- затвердевший полимер
- жидкий полимер
- пары растворителя



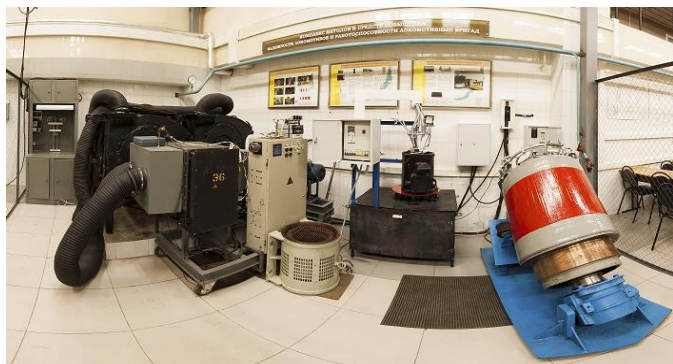
## АППАРАТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ УСКОРЕННОЙ СУШКИ ИЗОЛЯЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ – «INFRA»

- Снижение времени сушки изоляции в 4-5 раз (в среднем 3 часа);
- Сокращение в 10 раз затрат электроэнергии (средняя мощность комплекса 20 кВт);
- Небольшой размер технологического оборудования (габариты в 4 раза меньше);
- Увеличение производительности ремонта в 5 раз;
- **Повышение качества изоляции (увеличение на 45% электрической прочности изоляции из за отсутствия дефектов)**



**18 уникальных запатентованных способов упрочнения изоляции для различных типов силового оборудования**

## Лабораторные комплексы по упрочнению изоляции силового оборудования



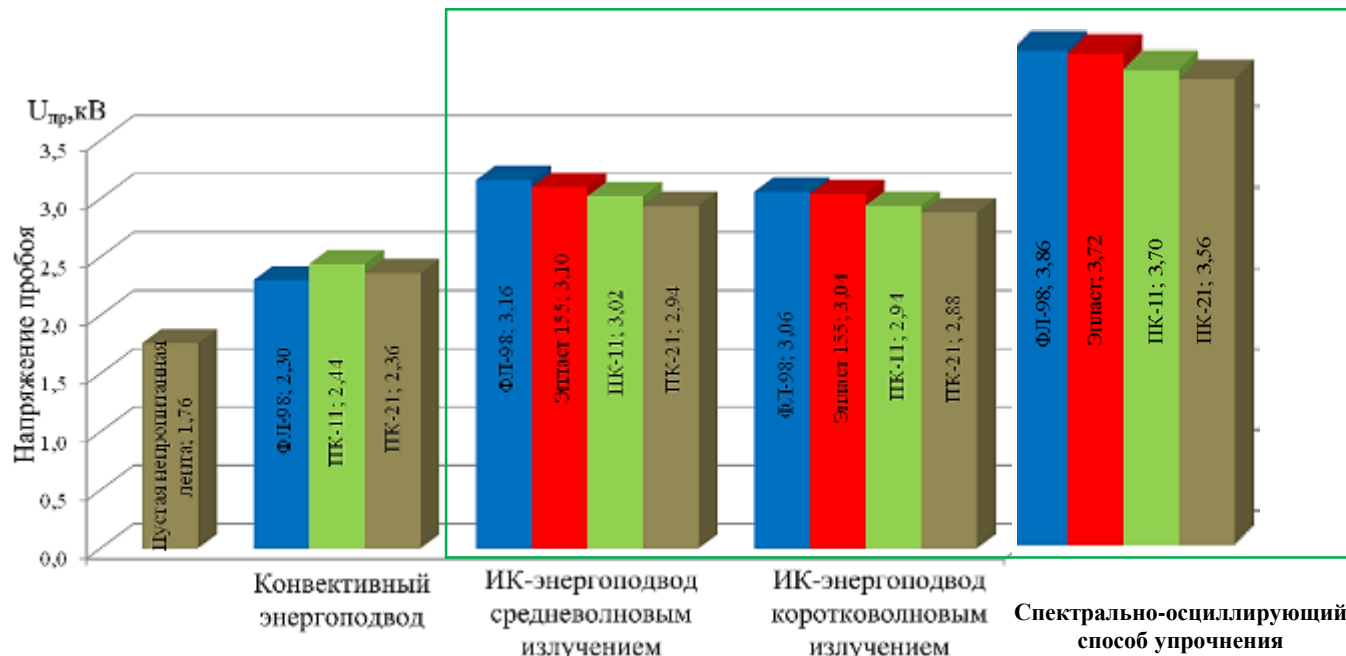
Автоматизированный комплекс с микропроцессорным управлением



- 1 – ИК-облучатель;
- 2 – панель измерений;
- 3 – прибор для определения терморadiационных свойств изоляции (TermoRad-1);
- 4 – пирометр;
- 5 – выдвижные панели с ИК-излучателями различных типов



## Проверка на электрическую прочность (пробивное напряжение)



Существующая технология

Предлагаемая технология  
Повышение качества изоляции по показателю пробивное напряжение на 40 %.



Совместные экспериментальные испытания с ОАО «Холдинговая компания Элинар» (крупнейший поставщик изоляционных материалов в России и за рубежом) на заводе электроизоляционных материалов (г. Москва), 2015 г.

## Результаты испытаний

Марка компаунда	Вид нагрева и его продолжительность	Степень отверждения	Растворимая часть, %
ПК-21	печь 160 С° – 8 часов (1)	78,0	22,0
	печь 160 С° – 8 часов (2)	75,9	24,1
ПК-21	печь 160 С° – 6 часов (1)	72,5	27,5
	печь 160 С° – 6 часов (2)	77,0	23,0
ПК-21	ИК; 160 С° – 1 час	80,7	19,3
ПК-21	ИК; 160 С° – 2 часа	97,6	2,4
ПК-21	ИК; 160 С° – 4 часа	95,2	4,8

\* в таблице: печь – конвективный нагрев (штатная технология); ИК – инфракрасный нагрев (предлагаемая технология).

## Протокол испытаний

Открытое акционерное общество «Холдинговая компания Элинар»  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО ИрГУПС)

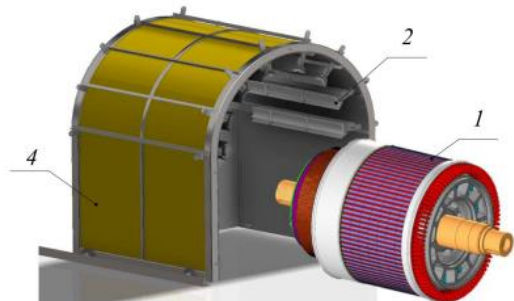
УТВЕРЖДАЮ:  
Заместитель Генерального директора  
ООО ХК «Элинар»  
А.В. Цанков

СОГЛАСОВАНО:  
Первый проректор ИрГУПС,  
д.т.н., проф.  
С.К. Коргаловцев

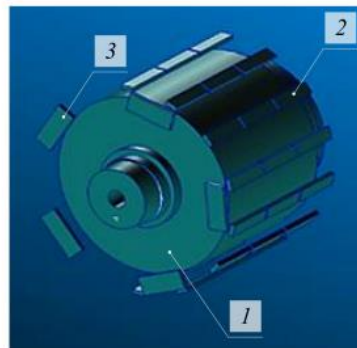
**ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ**  
образцов полимерной изоляции  
электрических машин тягового подвижного состава  
после сушки различными методами

от « 14 » августа 2017 г. № 1

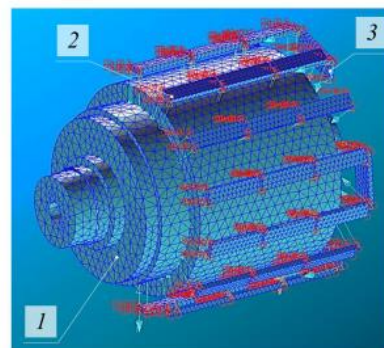
Твердотельная модель установки для упрочнения изоляции якоря ТЭД тепловым излучением и модель якоря ТЭД типа НБ-514



Расчетная модель выбора оптимального расстояния ИК-излучателей

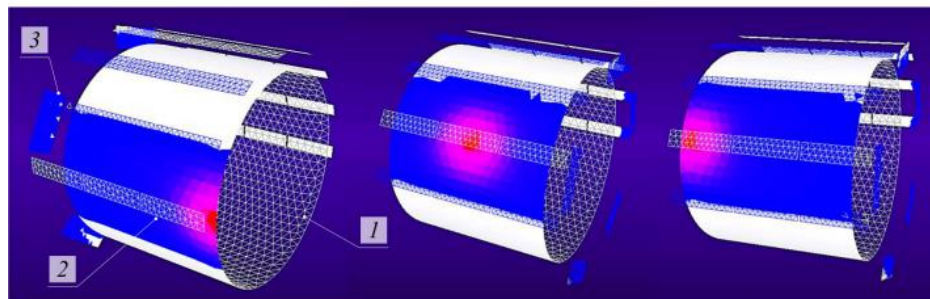


Конечно-элементная модель якоря с ИК-излучателями



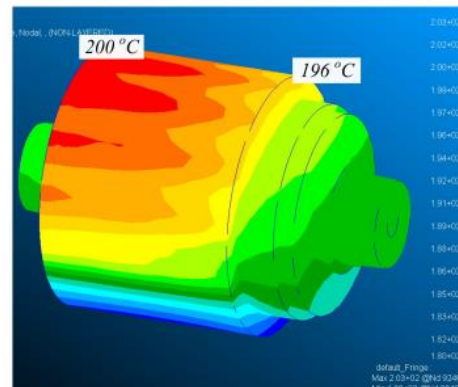
1 – Якорь ТЭД, 2 – горизонтальная ИК-нагревательная панель, 3 – вертикальная ИК-нагревательная панель, 4 – корпус установки

Расчет угловых коэффициентов излучения при выборе оптимального расположения ИК-излучателей



1 – Якорь ТЭД, 2 – горизонтальная ИК-нагревательная панель, 3 – вертикальная ИК-нагревательная панель

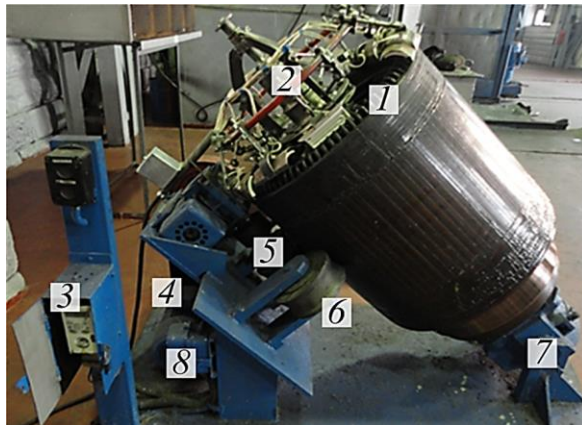
Результаты расчетов распределения теплового поля по поверхности якоря ТЭД





Первая апробация на ООО «Локотех», филиал «Нижнеудинский» (г. Нижнеудинск, 2013 г.)

Опытно-производственная установка упрочнения изоляции лобовой части обмотки якоря ТЭД при осциллирующем ИК-энергоподводе



1 – якорь; 2 – передвижной сменный облучатель;  
3 – шкаф управления; 4 – клиноременная передача;  
5 – муфта; 6 – опорные резиновые ролики; 7 – задняя  
букса; 8 – асинхронный трехфазный двигатель







## Внедрение на ООО «Ангарскмонтажэнергоремонт» (г. Ангарск, 2017 г.)

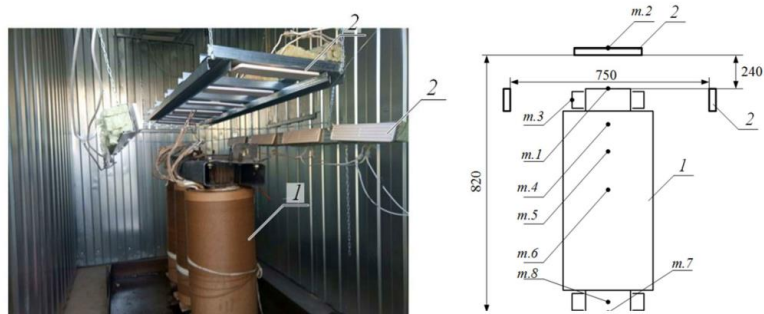
НИОКР на разработку «Установка ИК-нагрева инерционных частей тяговых трансформаторов», 2016 г.

Внешний вид установки инфракрасного нагрева магнитопровода тягового трансформатора



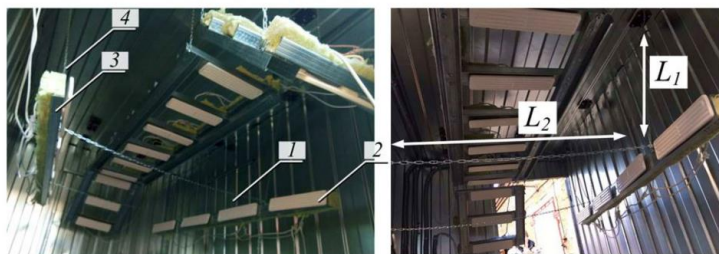
1 – теплоизолированный корпус, 2 – щит управления,  
3 – окно, 4 – входная дверь, 5 – вентиляционный вход, 6 – патент на изобретение №2673058

Проведение испытаний эффективности работы установки



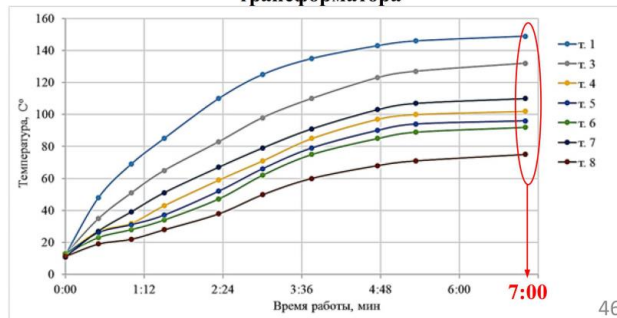
1 – тяговый трансформатор ТМ-100-10(6)/0,4; 2 – ИК-излучатели;  
т. 1-8 – контрольно-измерительный точки

Камерное оборудование установки с возможностью регулировки



1 – ИК-панели, 2 – ИК-излучатели,  
3 – отражатели, 4 – цепная подвеска

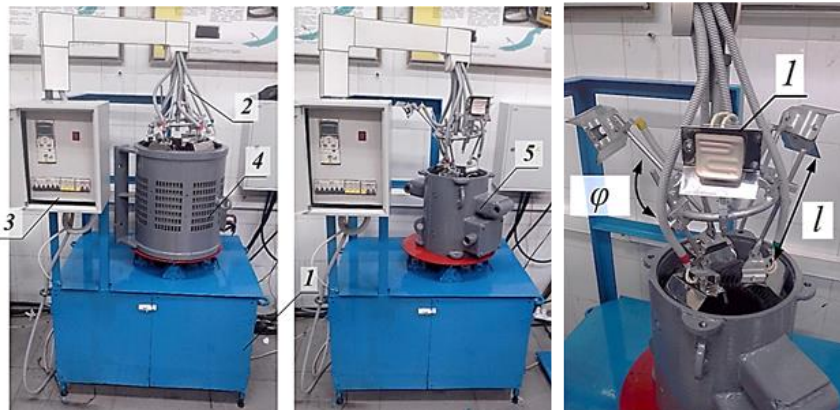
Кривые нагрева контрольно-измерительных точек нагрева трансформатора





## Внедрение на мотор-вагонное депо Иркутск-сортировочный (ТЧприг-35) – филиал Восточно-Сибирской дирекция мотор-вагонного подвижного состава (РДМВ) – структурное подразделение Центральной дирекции МВПС – филиал ОАО «РЖД» (г. Иркутск, 2018 г.)

Установка ускоренной сушки изоляции лобовой части обмотки статоров:



- 1 – станина;
- 2 – генератор теплового излучения;
- 3 – пульт управления частотно-регулируемым электроприводом;
- 4 – статор электровоза;
- 5 – статор электропоезда.

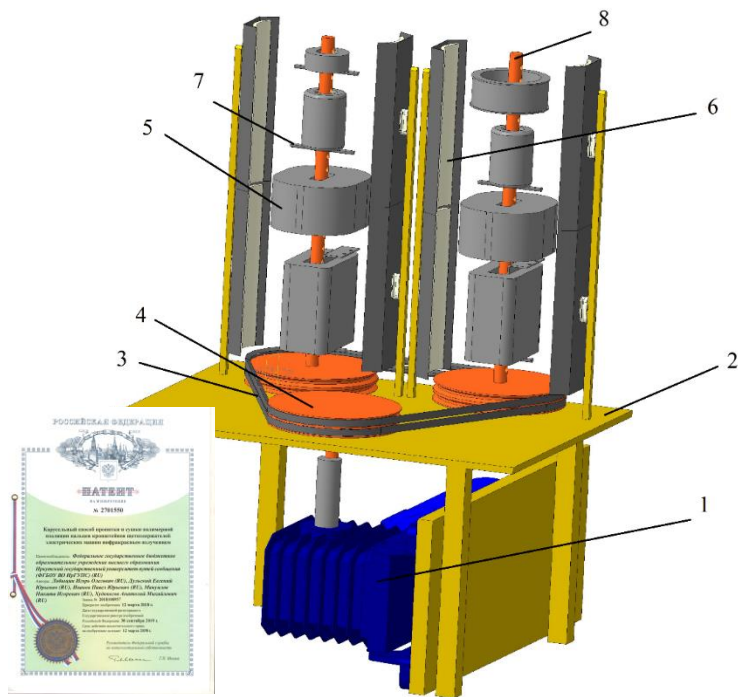
п/п	Вид сушки	Состояние ВЭМ	Время замера, минуты	Якорь		Статор		Якорь	Статор
				Кпол	Кабсорб	Кпол	Кабсорб	Rпол	
1	Конвективная сушка	До пропитки	0	2,1	1,3	1,8	1,23	42,4	81,4
2		После пропитки	40	0,8	1,05	1,08	1,05	36,2	74,1
3		Перед сушкой	80	0,91	1,08	1,09	1,08	37,8	74,8
4		В процессе сушки	120	0,92	1,1	1,14	1,1	39,7	76,4
5		После сушки	160	1,4	1,18	1,34	1,13	41,4	84,3
6		При испытаниях	200	1,9	1,27	1,79	1,24	44,7	96,1
1	ИК-излучение	До пропитки	0	2,1	1,3	1,8	1,23	42,4	81,4
2		После пропитки	40	0,88	1,08	1,1	1,07	36,8	74,4
3		Перед упрочнением	80	0,94	1,11	1,1	1,12	39,1	75,8
4		В процессе упрочнения	120	0,99	1,17	1,2	1,13	44,7	88,1
5		После упрочнения	160	1,89	1,27	1,7	1,18	55,1	116,8
6		При испытаниях	200	2,6	1,36	2,4	1,38	56,3	119,2

Параметры состояния изоляции обмоток после процессе сушки штатным и предлагаемым способом



МУП «ИркутскГорТранс» – разработка конструкторской документации в рамках программы Корпоративный акселератор города Иркутска (работа с муниципальными предприятиями и учреждениями, г. Иркутск, 2018 г.)

Проект комплекса для упрочнения изоляции малогабаритных катушек аппаратов управления и защиты и тяговых двигателей городского транспорта инфракрасным излучением



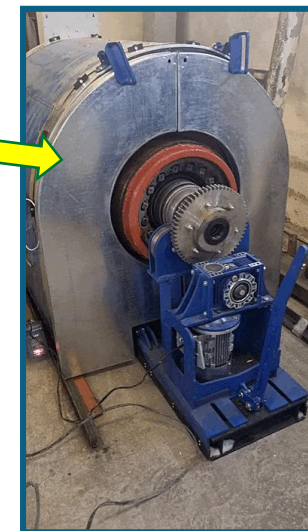
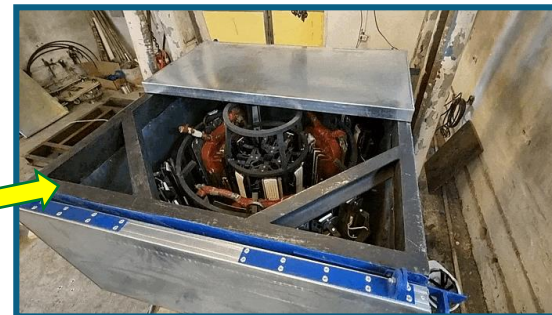
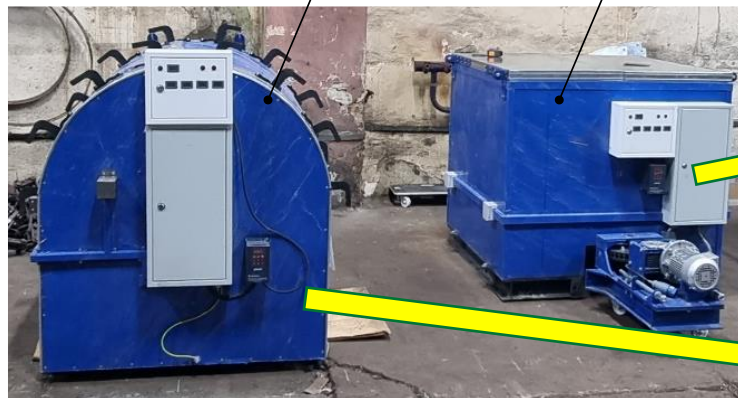
- на сегодняшний день подписан договор о научном сотрудничестве;
- возможность использования катушек различных габаритов и форм на одной установке;
- простота управления при высокой эффективности.

- 1 – червячный редуктор;
- 2 – станина;
- 3 – клиноременная передача;
- 4 – шкив;
- 5 – катушки (различных форм);
- 6 – штанга с изогнутыми ИК-излучателями;
- 7 – опорный штырь;
- 8 – удерживающая стойка.



Внедрение на «Улан-Удэнский локомотивовагоноремонтный завод» (УУЛВРЗ) – филиал АО «Желдорреммаш» (г. Улан-Удэ, 2019 г. – по настоящее время)

«INFRA-01»



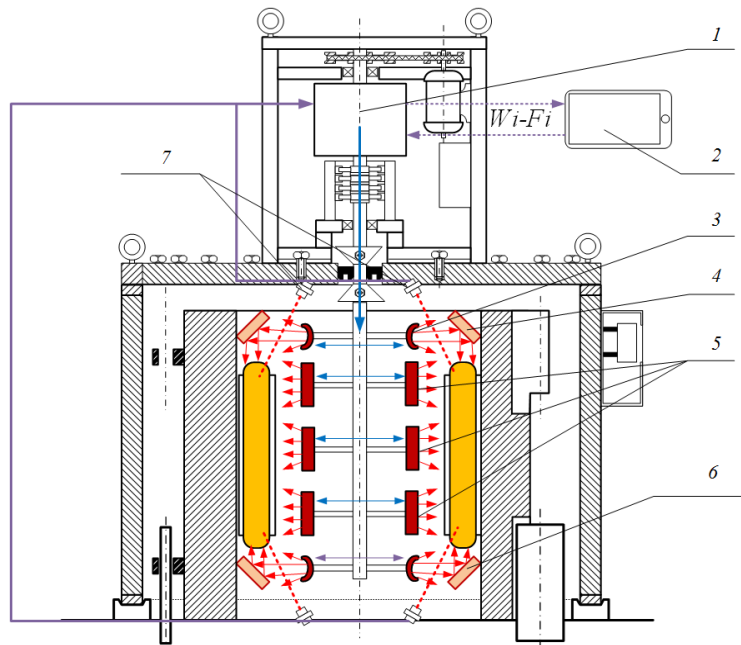
Аппаратный комплекс ускоренной сушки изоляции:

1 – якоря тягового двигателя, 2 – главных полюсов тягового двигателя

Итоговое время сушки якоря на установке составило **3 часа (в 4 раза ниже)**, расход электроэнергии **17,06 кВт·ч (в 4,7 раза ниже)**, сопротивление изоляции после охлаждения якоря до температуры **65°C – 100 МОм**, коэффициент абсорбции **1,4**.



## Функциональная схема цифрового мониторинга процесса сушки изоляции электрооборудования на примере станины электродвигателя (цифровой контроль теплового поля)



- непрерывный мониторинг процесса сушки в реальном времени (время работы текущее и оставшееся, температура нагрева изоляции, влажность и сопротивление изоляции и др.);
- беспроводной доступ к информации по протеканию процесса сушки из любой точки предприятия (на планшете оператора через Wi-fi или GSM);
- автоматический контроль и предельной температуры нагрева, поддержания уровней допусков по температуре (нижний и верхний пределы);
- систематизированный сбор и хранение информации в базе данных;
- печать отчетов.

- 1 – Блок управления и мониторинга тепловых процессов;
- 2 – Гаджет с автоматизированным рабочим местом оператора;
- 3 – Верхняя горизонтальная группа излучателей;
- 4, 6 – Рефлекторы;
- 5 – Средняя группа рефлекторов;
- 7 – Датчики параметров изоляции.





## Потребители продукта:

**Первая группа** – заводы изготовители силового оборудования (электрические машины, трансформаторы, шунты, реакторы и т.д.) (более 100 по всей России): ООО Локотех (92 сервисных депо), Уральские локомотивы, НЭВЗ, концерн РУСЭЛПРОМ (3 завода), ГК Росатом, Карпинский электромашиностроительный завод, ООО «Электротяжмаш-Привод», ГК "Элинар", "Силовые машины" (6 заводов), ООО "Ангарск Монтажэнергоремонт, Желдорреммаш (9 предприятий по России), РусАл, ИАЗ и другие.

**Вторая группа** – предприятия эксплуатирующие силовое оборудование и проводящие ремонт и его обслуживание на базе своих цехов (более 200 только по Иркутской области, из них Иркутскэнерго, Иркутский авиационный завод, Иркутскнефтепродукт, Горэлектротранс, Ангарская нефтехимическая компания, Иркутский алюминиевый завод, Иркутсккабель, Ангарский завод полимеров – также готовы к сотрудничеству при наличии рабочего прототипа.

- Объемы ремонта изоляции силового оборудования составляют **7-10 млн. единиц в год**;
- Тенденция увеличения производства и использования силового оборудования ежегодно **на 500 тыс.**

# КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА



Параметр	Создаваемый продукт	Основные конкуренты		
Наименование	«INFRA»	«ООО УралЭлектропечь»	ЗАО НПО «Техноком»	ЗАО «Накал-Промышленные печи»
Длительность процесса сушки	3 ч.	12 ч.		
Энергоёмкость	20 кВт	60-80 кВт	80-120 кВт	100 кВт
Качество изоляции	Высокое	Низкое		
Пробивное напряжение изоляции (ср.)	3,6 кВ	2,4 кВ		
Стоимость (ср.)	300-500 тыс. руб.	2 500 тыс. руб.	4 500 тыс. руб.	3 000 тыс. руб.

# ПАРТНЕРЫ И КЛИЕНТЫ



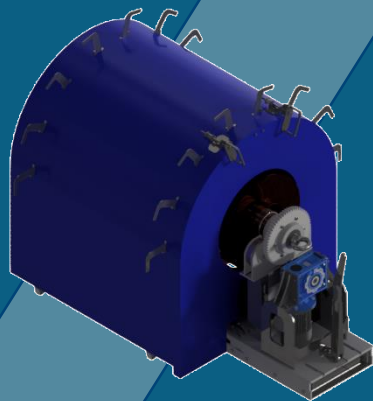
Улан-Удэнский  
локомотивовагоноремонтный завод



Муниципальное унитарное предприятие  
ИркутскГорЭлектроТранс







## «Автоматизированные аппаратные комплексы ускоренной сушки изоляции силового электрооборудования ИК-излучением (INFRA)»

ООО «ЭнергоПневмоТранс»

Тел. +7-983-403-46-43

[E.Dulskiy@mail.ru](mailto:E.Dulskiy@mail.ru)