



УРАЛЬСКИЙ ЗАВОД  
ПОЛИМЕРНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ «МАЯК»

**Противопучинные  
покрытия серии "Reline".  
Перспективы применения  
при строительстве ВЛ  
в Якутии.**



# Проблематика пучения опор ВЛ в Якутии



Строительство и эксплуатация энергетических линейных объектов в районах Восточной Сибири, в том числе Республике Саха (Якутия), связаны с обустройством фундаментных оснований опор ВЛ в **сложных геокриологических условиях**.

Примерно **80% свайных фундаментов ВЛ в Якутии** располагаются в зонах с сезонно-талыми и вечномерзлыми грунтами, значительная часть из которых – **пучинистые**.

Особенно заметную негативную роль морозное пучение оказывает на фундаменты малонагруженных сооружений – воздушные линии электропередачи различного уровня напряжения.



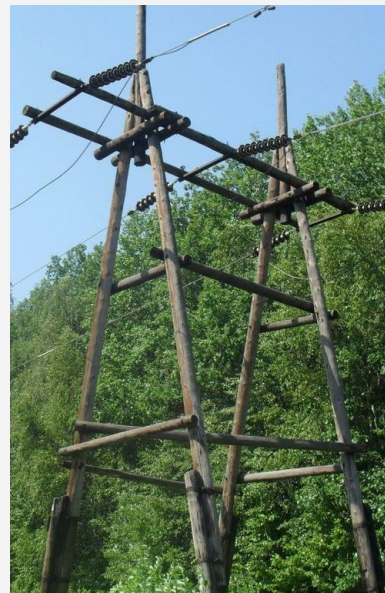
Примеры пучения опор ВЛ на грунтах Якутии

## Особенности обустройства оснований ВЛ



Наиболее распространенными видами свайных оснований для опор ЛЭП напряжением 0,4 – 110кВ в Республике Саха (Якутия), особенно в отдаленных от населенных пунктов районах, являются **деревянные приставки** из лиственницы с антисептической обработкой.

Также применяются **железобетонные приставки** и реже – **стальные трубчатые сваи** для ЛЭП 110-330кВ. Последние виды оснований в основном применяются в местности с развитой инфраструктурой автодорог, где имеется возможность проезда строительной техники и доставки свай без их повреждения.



Деревянная  
Приставка

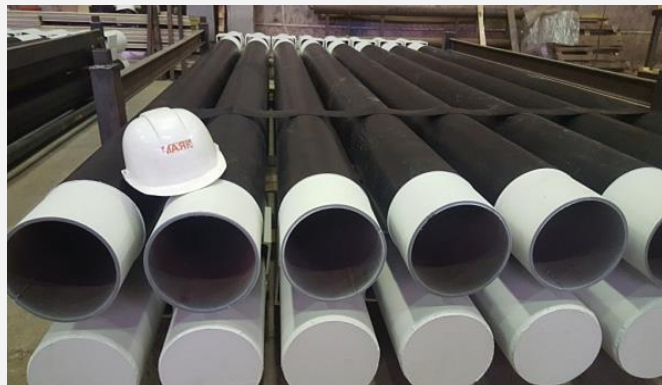


Железобетонная  
приставка

# Оболочка для свай противопучинная термоусаживаемая ОСПТ «Reline».



ЗАО УЗПТ «Маяк» разработал полимерное противопучинное термоусаживаемое покрытие для стальных, ж/бетонных центрифугированных и деревянных свай - **ОСПТ «Reline»**.



Проведенные лабораторные и натурные испытания доказали эффективность уникального покрытия – его применение **позволяет снизить силы пучения на 52-86%**.

Материал полимерной оболочки **не смерзается с грунтом**, при этом за счет уменьшения трения значительно (на 40-80%) снижается усилие выдергивающих сил на сваю.

Наименование грунта	Дополнительный коэффициент $\gamma_{af}$		
	T=-1C°	T=-2C°	T=-6C°
Песок пылеватый	0,15	0,27	0,38
Суглинок легкий	0,48	0,47	0,45
Цементно-песчаный раствор	0,14	0,14	0,20

ОСПТ «Reline» представляет собой **двухслойную термоусаживаемую втулку**, состоящую из термосветостабилизированной, сшитой и ориентированной в продольном направлении полиолефиновой композиции и адгезивного подслоя.

## Противопучинное покрытие для железобетонных свай и фундаментов ПСПП «Reline».



Для покрытия железобетонных свай и других оснований специалистами ЗАО УЗПТ «Маяк» была разработана полимерная композиция ПСПП «Reline» на базе модифицированных эпоксидных диановых смол и базальтового наполнителя.



Проведенные испытания покрытия также подтвердили **снижение сил морозного пучения** на фундаменты с покрытием для распространенных категорий грунтов при характерных температурах.

Наименование грунта	Дополнительный коэффициент $\gamma_{af}$		
	T=-1C°	T=-2C°	T=-6C°
Песок пылеватый	0,37	0,52	0,61
Суглинок легкий	0,46	0,46	0,44
Цементно-песчаный раствор	0,45	0,48	0,50

ПСПП «Reline» представляет собой **прочное износостойкое водонепроницаемое глянцевое покрытие**, с отличной адгезией к основаниям. Заводские испытания показали отличные антикоррозионные, противопучинные и улучшенные физико-механические свойства композиции.

## Совместная работа АО «ЯкутПНИИС» и ЗАО «УЗПТ «Маяк»



В сентябре 2022 года ЗАО «УЗПТ«Маяк» и АО «Якутский государственный проектный научно-исследовательский институт строительства» заключили соглашение о сотрудничестве и договор о проведении НИОКР по теме: «Разработка технологий снижения морозного выпучивания опор линий электропередач из многолетнемерзлого грунта».

Целью проекта является подтверждение эффективности и внедрение технологии снижения морозного выпучивания фундаментов опор ЛЭП за счет применения на типовых фундаментах опор ВЛ противоположных покрытий серии “Reline”.



# Задачи НИОКР



Инициатором исследовательских работ выступила компания ПАО «Якутскэнерго», эксплуатирующая линии электропередач в сложных геокриологических условиях.

## **Основные направления НИОКР:**

- натурные испытания приставок ВЛ разных видов (лиственница, железобетон) на полигоне в Якутске с целью практического подтверждения эффективности покрытий серии «Reline» для борьбы с пучением опор ВЛ;
- получение патентов на полезную модель;
- разработка нормативной документации для проектирования и строительства ВЛ с противопучинными покрытиями в условиях пучинистых грунтов Республики Саха (Якутия).



# Подготовка к проведению испытаний



Выбору площадки испытаний предшествовало изучение изысканий грунтов для определения степени их пучинности, проведено технико-экономическое сравнение различных видов приставок (стальные сваи, деревянные и ж/бетонные приставки) для обустройства ЛЭП.

Для определения геологических и геокриологических условий площадки, уточнения границ раздела сред и обнаружения неоднородностей в грунтовом массиве, был выполнен **комплекс инженерно-геологических и геофизических изысканий.**

Геологический разрез участка представлен **четырьмя инженерно-геологическими элементами.**

Глубина №№№ ИГЭ	Разрез скважины	Описание грунтов	Глубина подошвы слоя, в м.	Мощность слоя, в м	Абсолютная отметка подошвы слоя, в м	Уровень грунт. воды абс.отметка дата		Сведения о мерзлоте в день бурения	Суммарная влажность грунтов, д.ед.	Температура грунтов в С° на 10.10.2022 г.
						появления	установления			
1.0	①	Суесь коричневого цвета, твердой консистенции. Грунт с примесью органического вещества, засоленный.	1,5	1,5	95,15	Грунтовые воды не обнаружены	мерзлые	талые	0,19	+1,3
2.0	②	Песок пылеватый серого цвета, до глубины 3,4 м в талом, водонасыщенном состоянии, ниже в мерзлом состоянии, льдистый. Грунт с примесью органического вещества, засоленный.	3,8	2,3	92,85				0,25	+1,4
3.0	③								0,26	+0,0
4.0	④	Песок мелкий серого цвета, в мерзлом состоянии, льдистый. Грунт без примесей органического вещества, незасоленный.	7,5	3,7	89,15			0,27	-0,7	
5.0	⑤							0,28	-0,9	
6.0	⑥							0,31	-1,0	
7.0	⑦	Суесь серого цвета, в мерзлом состоянии, льдистая. Грунт с примесью органического вещества, засоленный.	9,2	1,7	87,45			0,29	-1,1	
8.0	⑧							0,31	-1,2	
9.0	⑨	Песок мелкий серого цвета в мерзлом состоянии, льдистый. Грунт с примесью органического вещества, незасоленный.	10,0	0,8	86,65			0,32	-1,2	
10.0	⑩							0,31	-1,2	

Геологический разрез площадки испытаний



# Программа и методика испытаний приставок



Разработанная программа и методика натуральных испытаний предусматривает визуальный и инструментальный мониторинг:

- вертикальных перемещений опытных образцов фундаментов (приставок) опор ВЛ, выполненных из различных материалов (бетон, дерево), с применением специальных покрытий ОСПТ «Reline» и ПСПП «Reline» и без них;
- глубины сезонного оттаивания (промерзания) и температуры вмещающих грунтов.

 ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«УРАЛЬСКИЙ ЗАВОД ПОЛИМЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ «МАЯК»  
(ЗАО «УЗПТ «МАЯК»)

УДК: 624.15

УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор  
ЗАО «УЗПТ «МАЯК»  
А.Д. Левин  
«25» января 2023 г.



ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКОЙ РАБОТЕ  
по теме:  
«Разработка технологий снижения морозного выпучивания опор линий электропередач из многолетнемерзлого грунта»

Этап №3.1  
«Программа и методика испытаний макетов оснований (приставок) в натуральных условиях»

По Договору № ДП-273-2022 от «28» сентября 2022 г.

Исполнительный директор  Н.И. Бородин

Руководитель работ:  
Технический директор  В.М. Беляков

# Технико-экономическая оценка и сравнение фундаментов опор ЛЭП



Для определения наиболее рационального варианта устройства фундаментов (приставок) опор ЛЭП в условия Якутии, была выполнена их **технико-экономическая оценка и сравнение.**

По совокупности технической и экономической оценки, наиболее рациональным решением, особенно в труднодоступных районах Якутии, является устройство **деревянных фундаментов опор ВЛ 0,4 – 110кВ**, а в сложных грунтовых условиях, или при необходимости обеспечения более высокой надежности в районах населенных пунктов – применение **заводских железобетонных приставок типа ПТ-60.**

№п/п	Материал фундамента	Характеристика	Длина, м	Стоимость устройства, руб. (за 1 ед.).
1	Дерево	Бревно $\varnothing 200$ по ГОСТ 9463-2016 из лиственницы	6 м (заглубление в грунт 4 м)	33 416,02
2	Железобетон	Приставка ПТ-60 по серии 3.407-57/87	6 м (заглубление в грунт 4 м)	35 046,50
3	Металл	Стальная труба $\varnothing 219 \times 8$ по ГОСТ 8732-78	6 м (заглубление в грунт 4 м)	59 188,03

# Нормативный расчет образцов (приставок) ЛЭП



Выполнен нормативный расчет образцов свайных фундаментов (приставок) ЛЭП по несущей способности и устойчивости силам пучения для конкретных грунтовых условий экспериментальной площадки и разработаны рекомендации по оптимальной глубине погружения различных приставок.

№ п/п	Тип испытуемой приставки	Вес приставки, (т)	Предполагаемая нагрузка от опоры ВЛ с сопутствующими элементами, (т)	Несущая способность основания, (тс)	Восприятие основанием передаваемой нагрузки (гр.5-гр.3-гр.4), (тс)	Касательная сила морозного пучения, за вычетом передаваемой нагрузки (гр.3+гр.4), принимаемой с коэффициентом 0,9, (тс)	Удерживающая сила, (тс)	Противодействие касательным силам морозного пучения (гр.8-гр.7), (тс)
гр.1	гр.2	гр.3	гр.4	гр.5	гр.6	гр.7	гр.8	гр.9
1	Ж/б приставка ПТ-60 без противопучинного покрытия, 4 м в грунте	0.680	0.454	5.88	4.75	20.95	0.82	-20.13
2	Ж/б приставка ПТ-60 без противопучинного покрытия, 5 м в грунте	0.680	0.454	14.32	13.19	20.95	9.86	-11.09
3	Ж/б приставка ПТ-60 с покрытием ПСПП «Reline», 4 м в грунте	0.680	0.454	5.88	4.75	9.52	0.82	-8.70
4	Ж/б приставка ПТ-60 с покрытием ПСПП «Reline», 5 м в грунте	0.680	0.454	14.32	13.19	9.52	9.86	0.34
5	Деревянная приставка без противопучинного покрытия, 4 м в грунте	0.190	0.375	4.11	3.545	15.18	0.58	-14.6
6	Деревянная приставка без противопучинного покрытия, 5 м в грунте	0.190	0.375	10.14	9.575	15.18	7.04	-8.14
7	Деревянная приставка с покрытием ОСПТ «Reline», 4 м в грунте	0.190	0.375	4.11	3.545	5.30	0.58	-4.72
8	Деревянная приставка с покрытием ОСПТ «Reline», 5 м в грунте	0.190	0.375	10.14	9.575	5.30	7.04	1.74
9	Деревянная приставка с покрытием ПСПП «Reline», 4 м в грунте	0.190	0.375	4.11	3.545	7.02	0.58	-6.44
10	Деревянная приставка с покрытием ПСПП «Reline», 5 м в грунте	0.190	0.375	10.14	9.575	7.02	7.04	0.02

# Основные положения по организации мониторинга



Методика испытаний образцов оснований (приставок) опор ВЛ основана на **сезонном техническом нивелировании и анализе перемещений деформационных марок**, жестко закрепленных на нагруженных приставках с противопучинным покрытием и без него.

Параллельно выполняются измерения температуры грунтов в скважинах и промеры глубины промерзания-оттаивания, для всестороннего анализа процесса пучения грунтов и воздействия касательных сил морозного пучения на испытываемые приставки.

Выбранная площадка проведения натуральных испытаний располагается по адресу: **г. Якутск, ул. Чусовского 72/1А** и имеет размеры **27х23 м**.

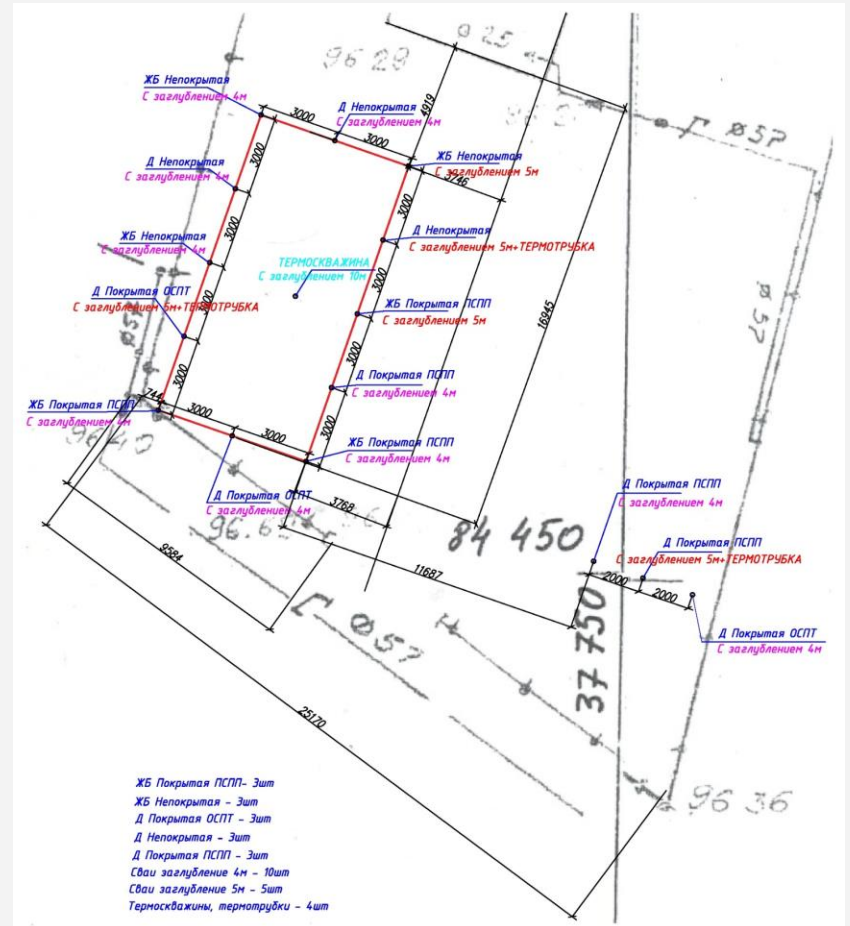


# План испытательной площадки

На площадке предусмотрены к установке **15 нагруженных деревянных и ж/бетонных приставок** с противопучинными покрытиями и без покрытия, а также различной глубиной погружения.

Приставки равномерно расставлены с чередованием покрытых и непокрытых оснований и находятся в условно равных грунтовых условиях.

Для измерения температуры грунтов предусмотрены **термометрическая скважина** и **термотрубка**.



## Подготовка приставок - нанесение противопучинных покрытий



Противопучинные покрытия ОСПТ и ПСПП серии «Reline» были нанесены на образцы приставок в цеховых условиях по инструкциям завода-производителя покрытий.



Нанесение ПСПП «Reline» и ОСПТ «Reline»

## Обустройство площадки



Обустройство испытательной площадки с выполнением буровых работ и погружения приставок происходило **в сложных погодных условиях.**

Грунты на **глубине примерно 0,8 метра** содержали значительную влагу и приходилось применять временные обсадные трубы для монтажа оснований.

После установки приставки **нагружены балластировочными грузами**, имитирующими вес опоры с траверсой и проводами.



Установка экспериментальных приставок

## Элементы контроля параметров



В ходе проведения мониторинга определяются текущие отметки деформационных марок, выполняется фотодокументирование территории и приставок с элементами нагружения.

Установленные осадочные марки представляют собой **анкерные болты Ø12 мм**.

Замеры температуры грунтов на площадке проведения испытаний выполняются в термометрической скважине, глубиной 10 м, оборудованной в процессе выполнения инженерно-геологических изысканий, и в трех термотрубках, смонтированных вместе с испытываемыми приставками



**Балластировочный груз и осадочная марка на приставке**



**Термометрическое оборудование**



# План технического нивелирования приставок



В качестве исходных реперов для проведения измерений используются **4 неподвижные точки (Рп 3, Рп 4, Рп 5, Рп 6)** расположенные на расстоянии **170 м** от площадки проведения испытаний

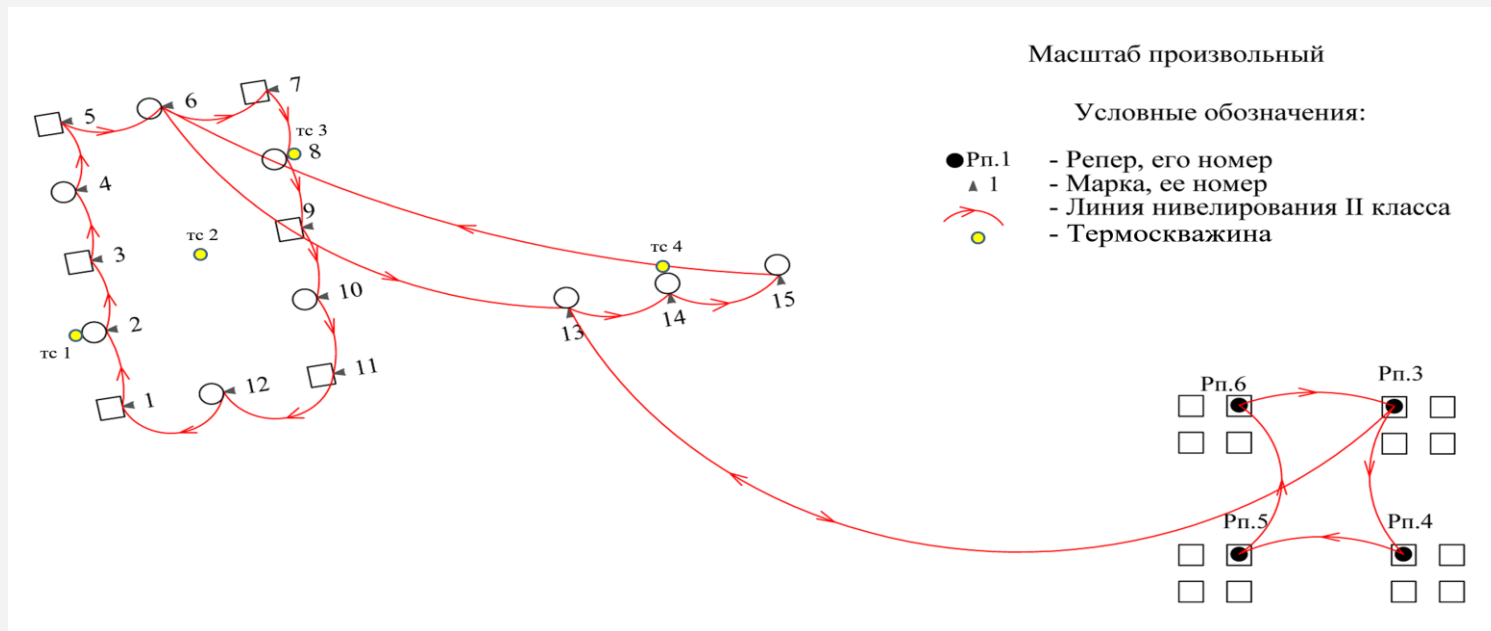


Схема нивелирования и расположение термоскважин

## Периодичность проведения мониторинга



Программой испытаний определены **7 циклов** наблюдений за первый (2023) год наблюдений, а в последующие два года – **посезонно**: в периоды максимального промерзания грунтов (апрель-май) и в периоды максимального оттаивания грунтов (сентябрь-октябрь)



Мониторинг деформационных  
перемещений приставок

# Регистрация результатов мониторинга

Результаты первого и последующих измерений положения деформационных марок приставок регистрируются в **ведомости повышений и отметок деформационных марок**.

Значения температур грунта на разной глубине также фиксируются в **журнале учета температуры грунтов**.

№№ марок	кол-во станций	Превышения, мм		Средние превышения, мм	Поправки, мм	Уравненные превышения, мм	Отметки, мм	d, мм
		прямой ход	обратный ход					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нивелирный ход II класса								
Рп.1							99124,90	
	1	276,00	-276,00	276,00	0,02	276,02		0,0000
M13							99400,92	
	1	-14,05	14,00	-14,03	0,02	-14,00		0,0025
M14							99386,92	
	1	80,65	-80,60	80,63	0,02	80,65		0,0025
M15							99467,56	
	1	-68,15	68,15	-68,15	0,02	-68,13		0,0000
M7							99399,43	
	1	29,20	-29,15	29,18	0,02	29,20		0,0025
M8							99428,63	
	1	-57,90	57,90	-57,90	0,02	-57,88		0,0000
M9							99370,75	
	1	-71,95	71,95	-71,95	0,02	-71,93		0,0000
M10							99298,82	
	1	90,85	-90,85	90,85	0,02	90,87		0,0000
M11							99389,69	
	1	61,00	-61,00	61,00	0,02	61,02		0,0000
M12							99450,71	
	1	16,00	-16,05	16,03	0,02	16,05		0,0025
M1							99466,76	
	2	53,60	-53,60	53,60	0,04	53,64		0,0000
M2							99520,40	
	1	-161,45	161,45	-161,45	0,02	-161,43		0,0000
M3							99358,97	
	1	24,80	-24,80	24,80	0,02	24,82		0,0000
M4							99383,79	
	1	41,15	-41,05	41,10	0,02	41,12		0,0100
M5							99424,92	
	1	-113,50	113,40	-113,45	0,02	-113,43		0,0100
M6							99311,49	
	3	-186,65	186,65	-186,65	0,06	-186,59		0,0000
Рп.1							99124,90	
n = 19				f <sub>h</sub> = -0,40	0,40	0,00		0,0300
		f <sub>h</sub> <sup>доп</sup> = 2,18		v <sub>h</sub> = 0,021		0,01		m <sub>кр</sub> = 0,19
								m <sub>т</sub> = 0,97

## Обработка результатов испытаний



По результатам испытаний (мониторинга) проводится **сравнительный анализ** вертикальных перемещений образцов приставок опор ВЛ различной глубины погружения в грунт с противоположными покрытиями и без покрытий под воздействием касательных сил морозного пучения.

Критерием оценки эффективности применения противоположных покрытий ОСПТ и ПСПП серии «Reline» для приставок опор ВЛ, будет являться **отношение величины выпучивания (линейных перемещений) приставок с покрытием к величине выпучивания приставок без покрытия.**



# Итоги начальных наблюдений



Таблица 1.4 Ведомость отметок и вертикальных перемещений нивелировочных марок

Номер марки	Отметки, мм		Осадка за циклы 1-2, мм	Цикл 3 28.02.23г., мм	Осадка за циклы 1-3, мм	Осадка за циклы 2-3, мм
	Цикл 1, 23.12.22 г.	Цикл 2, 12.01.23 г.				
M1	99466,8	99471,1	+4,3	99485,3	+18,6	+14,3
M2	99520,4	99532,9	+12,4	99549,3	+28,8	+16,4
M3	99359,0	99369,6	+10,7	99385,8	+26,8	+16,1
M4	99383,8	99395,2	+11,4	99411,9	+28,1	+16,8
M5	99424,9	99425,3	+0,4	99439,0	+14,0	+13,6
M6	99311,5	99322,4	+10,9	99337,6	+26,1	+15,2
M7	99399,4	99406,6	+7,2	99420,0	+20,6	+13,4
M8	99428,6	99437,1	+8,4	99450,0	+21,3	+12,9
M9	99370,8	99381,1	+10,4	99394,3	+23,5	+13,1
M10	99298,8	-	-	99448,0н	-	-
M11	99389,7	99391,6	+2,0	99402,3	+12,6	+10,7
M12	99450,7	99448,4	-2,3	99460,0	+9,3	+11,7
M13	99400,9	99401,9	+1,0	99411,9	+10,9	+10,0
M14	99386,9	99387,8	+0,9	99398,9	+12,0	+11,1
M15	99467,6	99460,7	-6,9	99463,6	-4,0	+2,9
среднее значение верт. перемещений:			+5,1		+17,8	+12,7
СКО m <sub>ц</sub>	±0,69	±0,54		±0,69		
СКО m <sub>с</sub>			±0,88		±0,98	±0,88

Примечания: 1. Номера марок соответствуют номерам свай.

2. В цикле №3 марке M10 присвоена новая отметка с индексом "н".

Проведены 3 цикла мониторинга деформаций приставок опор ВЛ на испытательной площадке.

За весь период наблюдений 23 декабря 2022 г. – 28 февраля 2023 г. вертикальные перемещения марок показали подъем, кроме сваи по марке M15.

Значения вертикальных перемещений: максимальное – 28,8 мм и минимальное – 4,0 мм, среднее – 17,8 мм.

## Результаты деформаций за 3 цикла наблюдений

## Применение результатов НИОКР



Результаты НИОКР предполагается использовать при проектировании фундаментов **новых линий электропередач**, а также при реконструкции и обеспечении надежности эксплуатируемых опор ЛЭП, подверженных процессам морозного пучения.

По результатам исследований АО «ЯкутПНИИС» оформляет **патенты на полезную модель** «Приставка деревянная для опор ВЛ с противоположным покрытием серии «Reline»»



## Новый проект испытаний в условиях реального объекта



В настоящее время, совместно с АО «ЯкутПНИИС» и ПАО «Якутскэнерго», запущен проект по применению противопучинных покрытий «Reline» на деревянных приставках опор вновь сооружаемой ВЛ, с учетом глубины погружения приставок на 4 и 5 метров для наблюдения за реальными перемещениями опор в составе действующей линии.

**Итогом этих испытаний может стать изменение технологии монтажа опор ВЛ в части типовой глубины погружения приставок в грунт с 4-х до 5-ти метров.**



## Благодарим за внимание!



### **ЗАО УЗПТ «МАЯК»**

РФ, 456780, Челябинская обл., г.  
Озёрск, ул. Красноармейская 5, к. 3  
Тел.: +7 (804) 555-10-16  
e-mail: [sales@polymerpro.ru](mailto:sales@polymerpro.ru)  
[www.polymerpro.ru](http://www.polymerpro.ru)  
Технический директор:  
**Беляков Владимир Михайлович**



### **АО «ЯкутПНИИС»**

РФ, 677000, г. Якутск,  
ул. Дзержинского, 20  
тел/факс: +7 (4112) 45-22-95  
E-mail: [yapniis@mail.ru](mailto:yapniis@mail.ru)  
[www.yapniis.ru](http://www.yapniis.ru)  
Зам. ген. директора по науке:  
**Большев Константин Николаевич**



### **ПАО "Якутскэнерго"**

РФ, 677001, г. Якутск,  
ул. Федора Попова, 14  
Телефон: (+7 4112) 49-73-99  
E-mail: [inform@yakutskenergo.ru](mailto:inform@yakutskenergo.ru)  
[www.yakutskenergo.ru](http://www.yakutskenergo.ru)  
Главный специалист отдела инноваций и развития:  
**Унжаков Андрей Сергеевич**