



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по оценке применения ОСПТ «Reline» в качестве мероприятия по борьбе с выпучиванием свай

В рамках Договора № 268/8-18-20/СП проведены экспериментальные работы по оценке эффективности применения полимерного термоусаживаемого покрытия ОСПТ «Reline», применяемого при устройстве стальных и бетонных свайных фундаментов на мерзлых и промерзающих грунтах.

Проведены испытания по определению сопротивления срезу по поверхности смерзания различных грунтов и цементно-песчаного раствора с поверхностью стальных элементов фундаментов (R_{af}) с покрытием ОСПТ «Reline» и без покрытия.

Испытания проводились по методикам ГОСТ 12248-2010 в спектре отрицательных температур минус 1°C, минус 2°C, минус 6°C. По результатам испытаний проведена статистическая обработка по ГОСТ 20522-2012 (Грунты. Методы статистической обработки). Обработка проведена для каждой разновидности грунтов и цементно-песчаного раствора по графикам зависимости от температуры.

При испытаниях моделировались наиболее распространенные виды грунтов и материалов, применяемые при проектировании и строительстве стальных свайных фундаментов на мерзлых и промерзающих грунтах:

- глинистые грунты (модельный грунт – лёгкий суглинок, пылеватый, незасоленный, без органики, водонасыщенный);
- песчаные грунты (модельный грунт – песок пылеватый, неоднородный, незасоленный, без органики, водонасыщенный);
- цементно-песчаный раствор (1:5), заливаемый в межтрубное пространство;
- материал сваи – горячекатаная сталь марки 09Г2С. Подготовка поверхности перед нанесением покрытий – подготовка до степени Sa 2,5 по ГОСТ 9.402 и ГОСТ Р 8501-1-2014. Модельные грунты отобраны на объектах строительства: трасса трубопровода Заполярье — Пур-Пе – песок, с площадки Восточно-Мессояхского месторождения - суглинок.



В рамках договора выполнено 59 испытаний по ГОСТ 12248-2010 длительностью до 3-х недель, в том числе для всех испытанных грунтовых условий проведены сравнительные испытания с металлическими плашками без покрытий.

Исследования показали, что покрытие ОСПТ «Reline» в диапазоне температур от минус 1 до минус 6°С обеспечивает значительное снижение (до 86%) сил смерзания сваи с песчаными, глинистыми грунтами и цементно-песчаным раствором. На основании результатов испытаний для глинистых и песчаных незасоленных грунтов, а также цементно-песчаного раствора, определены дополнительные коэффициенты условий оценки выпучивания (табл. 1) для свай с покрытием (γ_{af}), которые рекомендуется принимать при расчётах оснований фундаментов по устойчивости на воздействие сил морозного пучения (п.7.4.3 СП 25.13330.2012 и Изменение №1 к СП 25.13330.2012 от 08.05.2017), и также применимые для расчётов несущей способности фундаментов в вечномёрзлых грунтах (п.7.2.2, Таблица В3 Приложения В СП 25.13330.2012).

Таблица 1. Дополнительные коэффициенты γ_{af} для учета удельных касательных сил морозного пучения при расчете свай, покрытых ОСПТ «Reline»

Наименование грунта	Дополнительный коэффициент γ_{af}		
	T= -1°С	T= -2°С	T= -6°С
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

Для оценки касательных сил морозного пучения в глинах, а также деформаций свай за счет морозного пучения был разработан испытательный стенд для исследования процессов морозного пучения на макромоделях. В исследованиях применялись модели сваи из стали 09Г2С диаметром 158 мм, покрытые ОСПТ «Reline», а также сваи без покрытия. Модели свай помещались в цилиндрические лотки объемом 0,6 м³, боковые стенки которых изолировались теплоизоляционным материалом толщиной 8 см. В лотки послойно укладывался грунт. В качестве модельного грунта использовалась каолинистая глина (глина легкая, незасоленная, без органики, водонасыщенная). Методика исследований подробно описана в Отчете о лабораторных исследованиях в рамках Договора № 268/8-18-20/СП.



При определении деформации морозного пучения были получены следующие результаты: металлическая свая без покрытия в промерзающем грунте поднялась на 14,3-25,8 мм, свая с покрытием ОСПТ «Reline» поднялась всего на 3,0-3,5 мм. Таким образом, снижение относительной деформации морозного пучения для свай, покрытой ОСПТ «Reline», составило 82%. Результаты лотковых испытаний по определению касательной силы морозного пучения показывают, что в глине происходит снижение показателей на 41% при температуре -4 °С.

Расчет удельных касательных сил морозного пучения по Таблице 7.8 СП 25.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88) при применении ОСПТ «Reline» рекомендуется производить следующим образом: величина касательных сил морозного пучения $t_{\text{т}}$ (к бетонной поверхности) умножается - вначале на коэффициент 0,7 (переход от бетонной на стальную поверхность) и, затем, на дополнительный коэффициент γ_{af} , приведенный в Таблице дополнительных коэффициентов.

В таблице 2 приведены расчетные значения сопротивления срезу по поверхности смерзания песчаных и глинистых грунтов со стальными элементами фундамента, в т.ч. покрытых ОСПТ «Reline». Данные рекомендуются к применению при расчете устойчивости фундаментов на действие касательных сил морозного пучения (п.7.4.2, п.7.4.4 СП 25.13330.2012) при бурозабивном способе погружения свай, а также для ствола винтовой свай.

Таблица 2. Значения коэффициента γ_{af} , рекомендуемые для расчета фундаментов в мерзлых грунтах по несущей способности, полученные в результате испытаний:

Грунт	Тем- пера- тура T, °С	Сопротивление срезу по поверхности смерзания со свай, покрытой ОСПТ «Reline», $R_{\text{af}}^{\text{р}}$, МПа	Сопротивление срезу по поверхности смерзания со стальной свай $R_{\text{af}}^{\text{р}}$, МПа	Коэффициент γ_{af} снижения сопротивления срезу по поверхности смерзания со стальными элементами фундаментов, покрытых ОСПТ «Reline»
Глинистый (суглинок, влажность 28%, плотность 1,90 г/см ³)	-1	0,053	0,110	0,48
	-2	0,092	0,197	0,47
	-6	0,248	0,546	0,45
Песчаный (песок, влажность 20%, плотность 1,99 г/см ³)	-1	0,018	0,123	0,15
	-2	0,060	0,221	0,27
	-6	0,231	0,616	0,38



Как известно, на территории распространения многолетнемерзлых грунтов один из наиболее используемых способов установки свайных фундаментов – буроопускной с применением песчано-цементных растворов. В результате исследований получены расчетные величины сопротивления срезу по поверхности смерзания R_{af} для цементно-песчаного раствора (1:5) с металлической сваей, покрытой ОСПТ «Reline», которые позволяют проводить расчеты несущей способности свайных фундаментов с использованием цементно-песчаного раствора и стальных свай с данным покрытием:

Температура T , °С	-1	-2	-6
Сопротивление срезу по поверхности смерзания цементно-песчаного раствора (1:5) со сваей, покрытой ОСПТ «Reline» R_{af}^p , МПа	0,015	0,023	0,088

При нанесении покрытий следует соблюдать рекомендованную Производителем технологию нанесения покрытий, а также обеспечить предохранение покрытия свай от повреждений при их транспортировке, хранении и монтаже.

При проектировании фундаментов требуется учитывать специфику местных инженерно-геологических условий участков строительства, сезонную динамику температурного поля грунтов в период строительства и эксплуатации, и другие факторы, поэтому, при проектировании фундаментов (в т.ч. с использованием покрытий) на объектах I уровня ответственности и уникальных сооружениях необходимо (в соответствии с СП 25.13330.2012 п.4.6) предусматривать научно-техническое сопровождение, а значения характеристик надлежит определять на основании их непосредственных полевых или лабораторных испытаний (СП 25.13330.2012 п.5.4).

К достоинствам покрытия ОСПТ «Reline» при использовании для подземной части фундаментов сооружений, кроме снижения воздействия морозного пучения, можно отнести следующие его характеристики:

- температура длительной эксплуатации -60 до +80 °С в грунтах различной агрессивности и влажности;
- отсутствие пробоя покрытия при напряжении не менее 5кВ на 1 мм толщины покрытия +5 кВ (согласно технической документации, предоставленной производителем);



- результаты экспериментальных исследований показали, что воздействие циклического воздействия температур (от $(-50 \pm 1,5)^\circ\text{C}$ до $(20 \pm 1,5)^\circ\text{C}$ не влияет на прочность покрытия на разрыв;
- температура хрупкости составляет не более -30°C (согласно технической документации, предоставленной производителем); результаты экспериментальных исследований показывают, что при низкой отрицательной температуре покрытие сохраняет свои деформационные свойства;
- адгезия к стали и заводскому покрытию свай при температуре $(20 \pm 3)^\circ\text{C} - 7 \text{ МПа}$, $(50 \pm 3)^\circ\text{C} - 1 \text{ МПа}$ (согласно технической документации, предоставленной производителем);
- сопротивление пенетрации при температуре от минус $(45 \pm 3)^\circ\text{C}$ до плюс $(20 \pm 3)^\circ\text{C} - 0,2 \text{ мм}$ (согласно технической документации, предоставленной производителем).

Испытанное противопучинное полимерное термоусаживаемое покрытие ОСПТ «Reline» производства ЗАО «УЗПТ «Маяк» удовлетворяет основным требованиям, предъявляемым к работе покрытий в грунтах, и может быть рекомендовано к применению в проектной практике для защиты элементов фундаментов в сезонноталом (сезонномерзлом) слое в качестве противопучинного мероприятия для снижения касательных сил морозного пучения грунтов, при подтверждении Производителем долговечности покрытия в соответствии со сроками службы проектируемых сооружений.

Заведующий СЛИМГ

Э.С. Гречищева

Руководитель ЦГГИ

А.Г. Алексеев

Директор НИИОСП



И.В. Колыбин