

УДК 624.139:621.643

СИСТЕМЫ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТА ДЛЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ПРОЕКТНЫМ РЕШЕНИЕМ ПОЛОВ ПО ГРУНТУ

На собственной производственной базе ОАО «Фундаментпроект» производит термостабилизаторы грунта, которые зарекомендовали себя как весьма эффективные средства стабилизации грунтов оснований и фундаментов промышленных и гражданских зданий и сооружений с проектным решением полов по грунту. Использование новых покрытий внутри испарителей термостабилизаторов повышает теплопередающие характеристики и эффективность устройств. В данной статье предложен способ интенсификации существующей конструкции.



ИБРАГИМОВ
Энвер Валерьевич,
главный специалист ОСМР
ОАО «Фундаментпроект»,
ассистент кафедры меха-
ники грунтов и геотехники
МГСУ
fund805@mail.ru



ГАМЗАЕВ
Ринат Гамидович,
инженер ОСМР ОАО «Фун-
даментпроект», ассистент
кафедры механики грунтов
и геотехники МГСУ
fund805@mail.ru

Необходимость применения инновационных способов и устройств для поддержания отрицательных температур в мерзлых грунтах и замораживания талых грунтов обусловлена существенным ростом строительства отечественных объектов газовой и нефтяной отрасли в пределах криолитозоны, где сосредоточены основные разведанные запасы природного газа и нефти. Область распространения многолетнемерзлых пород является наиболее перспективным ресурсным регио-

ном страны, без освоения природных богатств которого невозможно представить устойчивое развитие России и мира в целом.

Рост температуры мерзлых грунтов и уменьшение их несущей способности представляют серьезную угрозу для зданий и сооружений. Многие из них построены на свайных фундаментах, используют многолетнемерзлый грунт в качестве оснований и рассчитаны на эксплуатацию в определенных температурных условиях. Исследования пока-

.....
**область распространения многолетне-
мерзлых пород является наиболее пер-
спективным ресурсным регионом страны,
без освоения природных богатств которого
невозможно представить устойчивое раз-
витие России и мира в целом**
.....

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

вечная мерзлота, замораживание грунтов, основания, фундаменты, термостабилизация, системы термостабилизаторов грунта, наклонно-направленное бурение, капиллярное покрытие

зали, что при оттаивании мерзлых грунтов изменяются их физико-механические свойства (объемный вес, влажность, пористость, адгезия к сваям-основаниям), что в конечном счете уменьшает несущую способность фундаментов, приводя к повреждению построенных на них сооружений. При пересадке фундаментов на сваи их боковая поверхность в ходе оттаивания будет загружаться силами отрицательного трения. По мере оттаивания величина этих сил будет расти, а несущая способность свай, остающихся в еще не оттаявшем грунте, снижаться. Это будет вести к осадкам, что часто

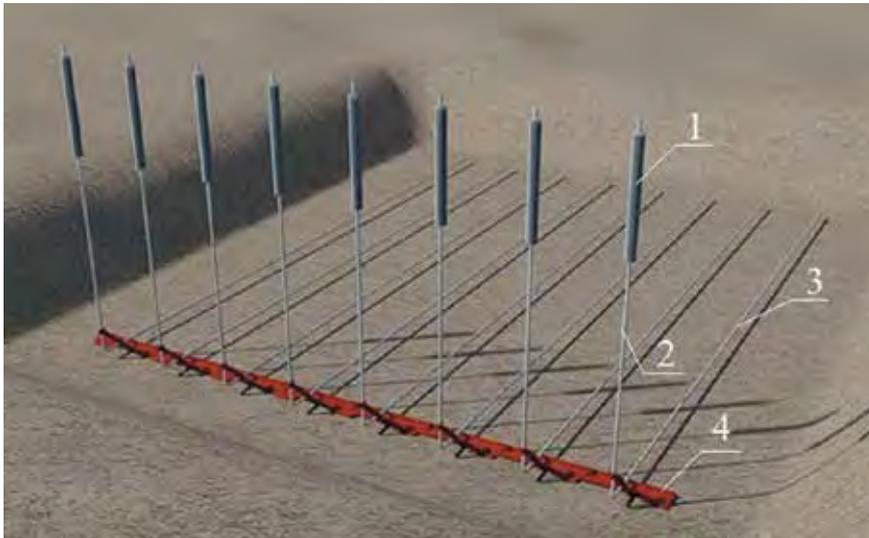


рисунок 1.

Схема системы пологонаклонных термостабилизаторов грунта с диаметром испарителя 38 мм: 1 – конденсатор; 2 – транспортный участок; 3 – испаритель; 4 – поддерживающая конструкция

.....
эффективным способом поддержания или усиления мерзлого состояния грунта в основаниях сооружений является использование низких температур наружного воздуха с помощью парожидкостных термосифонов, называемых термостабилизаторами

наблюдается на реальных объектах, построенных на свайных фундаментах при поверхностном оттаивании, особенно если длина свай является небольшой.

Для повышения несущей способности оснований и фундаментов требуется разработка целого комплекса мероприятий. Эффективным способом поддержания или усиления мерзлого состояния грунта в основаниях сооружений является использование низких температур наружного воздуха с помощью парожидкостных термосифонов, называемых термостабилизаторами.

При возведении зданий и сооружений, в том числе и резервуаров с проектным решением полов по грунту и необходимостью искусственного закрепления грунтов в условиях Крайнего Севера и вечной мерзлоты применение вертикальных термостабилизаторов нецелесообразно. Вертикальные термостабилизаторы для данного типа зданий и сооружений можно установить только по их контуру, так как конденсаторная часть должна располагаться на открытой площадке для беспрепятственного обдува воздухом, а при больших габаритах зданий и сооружений этих термостабилизаторов будет недостаточно для закрепления грунтов непосред-

ственно под сооружениями в центре, что может привести к просадке полов, а далее к потере устойчивости несущих конструкций зданий и сооружений. В таких случаях решением является пологонаклонная система термостабилизации грунтов.

Пологонаклонная система термостабилизации грунтов состоит из отдельных термостабилизаторов, длина и количество которых

подбирается в зависимости от габаритов здания или сооружения, а также определяется на основании расчетов теплофизических свойств грунтов. По расчетам определяется шаг расположения термостабилизаторов и, если есть необходимость, корректируется для предотвращения помех при укладке от несущих конструкций сооружений и систем коммуникаций. Укладка системы



рисунок 2.

Система пологонаклонных термостабилизаторов грунта с диаметром испарителя 38 мм на площадке Ванкорской группы месторождений

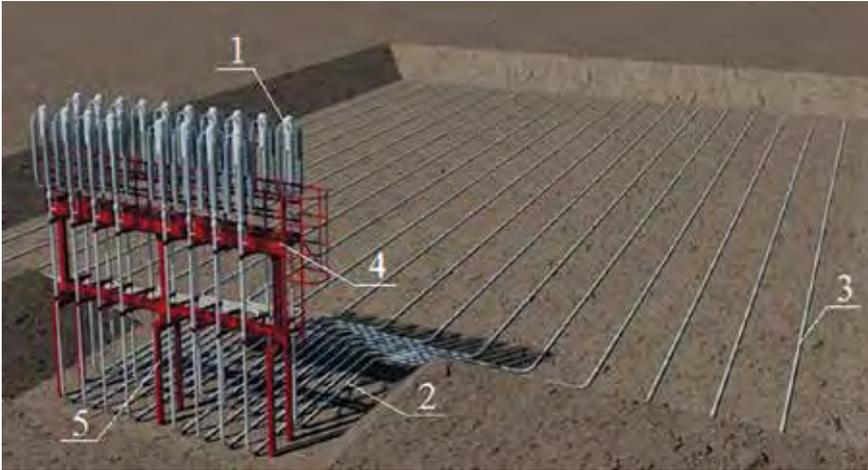


рисунок 3.

Схема системы пологонаклонных термостабилизаторов грунта с диаметром испарителя 76 мм: 1 – конденсатор; 2 – транспортный участок; 3 – испаритель; 4 – площадка обслуживания; 5 – поддерживающая конструкция

осуществляется в открытом котловане по грунту с уклоном испарительной части термостабилизаторов и выводом конденсаторной части на открытую площадку.

При небольших габаритах зданий и сооружений применяются пологонаклонные термостабилизаторы с диаметром испарителя 38 мм и длиной до 16 м (рисунки 1, 2). Для монтажа конструкции в проектное положение используются поддерживающие конструкции.

Для габаритных зданий и сооружений применяется система пологонаклонных термостабилизаторов с диаметром испарителя 76 мм и длиной до 60 м (рисунки 3, 4).

Каждый термостабилизатор состоит из трех основных частей: испаритель – труба, укладываемая непосредственно под сооружением с уклоном к горизонту, служащая для отвода тепла от грунта посредством циркуляции хладагента; транспортный участок – труба, служащая для транспортирования хладагента от конденсатора к испарителю и обратно, укладывается горизонтально; конденсатор – конструкция из труб и дисков, устанавливаемая вертикально и на достаточной высоте над землей для свободного обдува воздухом, служащая для охлаждения хладагента. Использование конструкции анкерного термостабилизатора по-

зволяет исключить потери мощности на транспортном участке, что повышает эффективность установки [1].

Конденсаторы термостабилизаторов выводятся на площадку обслуживания – это металлическая конструкция, служащая для обслуживания системы, а также как поддерживающая конструкция для конденсаторов. Такая площадка позволяет минимизировать площадь, занимаемую надземными конструкциями термостабилизаторов, дает возможность беспрепятственного подъезда к сооружению, что повышает эксплуатационные показатели системы.



рисунок 4.

Система пологонаклонных термостабилизаторов с диаметром испарителя 76 мм на площадке Ванкорской группы месторождений

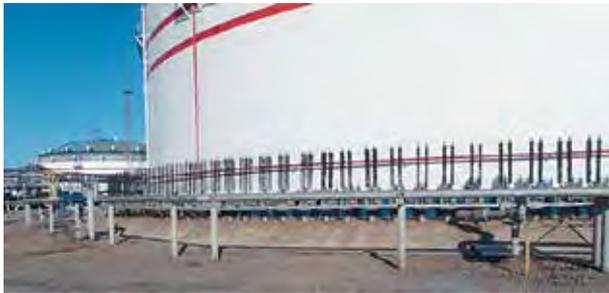


рисунок 5.
Стабилизация грунтов
основания резервуаров
Варандейского нефтяного
терминала

вазии для инвестиций будущего») [2]. Упомянутое устройство за счет использования технологии наклонно-направленного бурения (ННБ) позволяет увеличить производительность СМР в 1,5–2 раза по сравнению с традиционным наклонным бурением [3].

.....
существующие конструкции термостабилизаторов зарекомендовали себя как действенный способ для поддержания отрицательных температур в мерзлых грунтах и замораживания талых грунтов
.....

Яркий пример применения пологонаклонных термостабилизаторов грунта – строительство фундаментов резервуаров вертикальных стальных (РВС) Варандейского терминала. В 2005 г. представители компании ОАО «ЛУКОЙЛ» (ООО «ПермНИПИНефть») обратились в ОАО «Фундаментпроект» с просьбой разработать проект устройства фундаментов под резервуарный парк – четырех РВС объемом 50 тыс. м³. При проектировании были разработаны и применены новые технологии устройства фундамен-

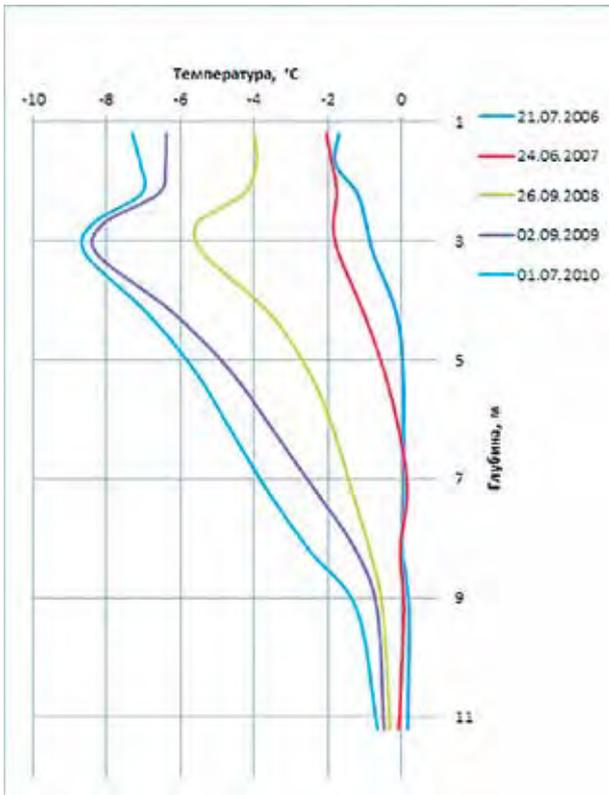


рисунок 6а.
Показания температур термометрической скважины

Предлагаемая система термостабилизации грунта имеет ряд преимуществ, даже при выходе из строя одного из термостабилизаторов вся система продолжает функционировать и в достаточной мере способна создать льдогрунтовую плиту под сооружением для обеспечения необходимой несущей способности фундаментов.

Такую систему термостабилизации можно устраивать и под существующие здания и сооружения при помощи наклонно-направленного бурения (ННБ), этот способ бурения позволяет протянуть испаритель на необходимой глубине под сооружением без разработки котлована. В настоящее время в ОАО «Фундаментпроект» разработано охлаждающее устройство для температур-

ной стабилизации вечномерзлых грунтов и способ монтажа такого устройства (защищено патентом и отмечено золотой медалью «Инно-



рисунок 6б.
Показания температур термоперечника

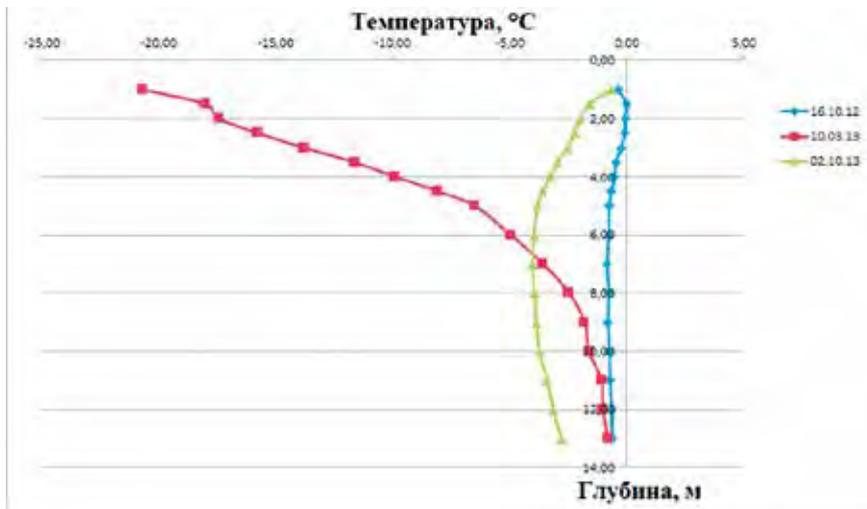


рисунок 7а.

Показания температур в внутренней термометрической скважины ТСв-7/4406

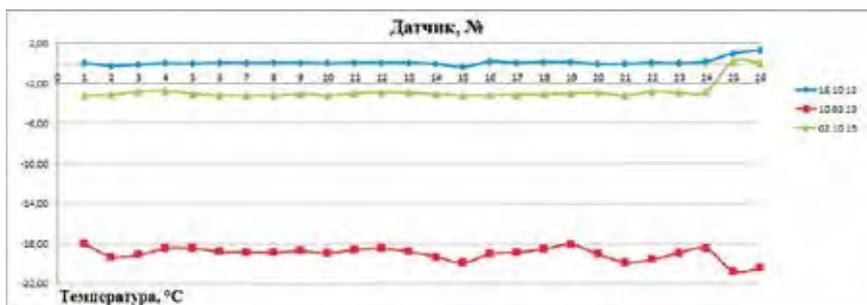


рисунок 7б.

Показания температур термоперечника № 2 (TK2/4418)

тов на вечномёрзлых грунтах. В процессе эксплуатации резервуаров емкостью 10 тыс. м³ службы заказчика уже столкнулись с проблемой неравномерных осадок свайных фундаментов сооружений, приведших к аварийному состоянию днища резервуара (осадки до 25 см). Ввиду сложных геокриологических условий (неоднородность и низкая несущая способность грунта, наличие криопэгов) площадки на проектной стадии было предложено решение по устройству фундаментов по предварительно подготовленному замороженному грунтовому основанию, что и было реализовано ОАО «Фундаментпроект» (рисунок 5) [4].

Мониторинг температур основания по термоскважинам (рисунок 6а) и термоперечникам (рисунок 6б) указывает на промора-

живание массива до глубины 10 м, что является весомым достижением в таких сложных геокриологических условиях.

Еще одним примером применения данной системы термостабилизации грунта является поз. 30 «Цех № 3 – станция насосная системы ППД» на УПСВ-Север (здание имеет размеры 24000x129000). Проектом предусмотрена термостабилизация грунта основания при помощи системы пологонаклонных термостабилизаторов с длиной испарительной части 28 м в количестве 109 шт. После окончания строительства на данной позиции в целях оценки работоспособности системы по устроенной системе геотехнического мониторинга скважинам, расположенным вне контура здания и внутри него, и го-

ризонально уложенным на уровне системы термометрическим поперечникам) были произведены замеры температур грунта (рисунки 7а и 7б).

Анализ показаний термокос и термоперечников указывает на понижение температур грунта под сооружением. Оттаивания основания не происходит.

Существующие конструкции термостабилизаторов зарекомендовали себя как действенный способ для поддержания отрицательных температур в мерзлых грунтах и замораживания талых грунтов. Однако на сегодняшний день конкуренция на рынке заставляет производителей постоянно совершенствовать конструкции для повышения эффективности работы и надежности при эксплуатации. Для этих целей авторами предлагается использование капиллярных покрытий на внутренней стенке трубы испарителя термостабилизатора грунта.

В выпускаемых на сегодняшний день конструкциях используются испарители с гладкой стенкой трубы. При использовании гладких труб в испарителях пологонаклонных термостабилизаторов хладон стекает по дну, площадь охлаждения незначительна, соответственно неэффективно используется принятый конструктив. Требуется разработать мероприятия по доставке хладона в верхнюю точку сечения трубы для образования «теплового замка», т.е. для увеличения площади охлаждения (рисунок 8). Наиболее перспективный вариант – капиллярно-пористое покрытие, полученное методом порошковой металлургии.

Вот один из наиболее распространенных методов создания капиллярно-пористых покрытий в тепловых трубах. На внутреннюю поверхность трубы в формовочных станках наносится смесь металлического порошка и сорбента, после чего труба подается в конвейерную печь, где происходит спекание.

Преимущества данного метода следующие:

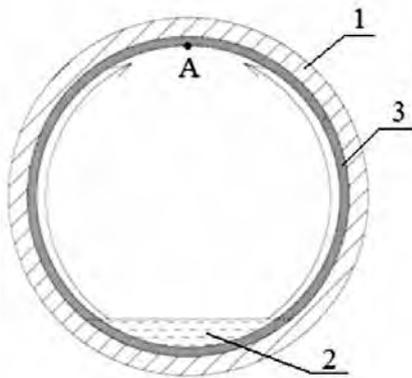


рисунок 8.

Схема доставки жидкого хладона к верхней точке испарителя (точка А): 1 – труба испарителя; 2 – хладон; 3 – капиллярное покрытие

– технология формования покрытия позволяет подготовить участки труб длиной 2–3 м, что существенно уменьшает количество сварных соединений при сборке термостабилизатора;

– использование легированных порошков позволит создать антикоррозионное покрытие на внутренней стенке испарителя, что увеличит срок службы и безопасность использования термостабилизатора;

.....

конкуренция на рынке заставляет производителей постоянно совершенствовать конструкции для повышения эффективности работы и надежности при эксплуатации

.....

– испарение на поверхности нагрева, покрытой капиллярно-пористой структурой, начинается при меньших давлениях, чем на гладкой поверхности.

Предлагаемый метод создания капиллярно-пористого покрытия на внутренней стенке трубы испарителя термостабилизатора реализуется путем спекания металличе-

ских порошков при температурах, близких к температуре плавления используемого металла. Адгезионная и когезионная прочность сцепления порошков в слое и к трубе определяется наряду с условиями нанесения, главным образом, температурой, временем изотермической выдержки при спекании и защитной атмосферой в камере печи. Проведенные исследования показали, что по сравнению с трубами с другими интенсифицирующими теплообмен покрытиями, полученными электродуговым и плазменным напылением, механическим

креплением сеток, припеканием металловолокнистой структуры, капиллярно-пористые покрытия с заданной структурой пор, полученные методом порошковой металлургии, позволяют добиться максимального коэффициента теплоотдачи.

Данное покрытие обеспечивает возможность более эффективного охлаждения грунта и увеличения интенсивности охлаждения за счет увеличения площади охлаждения испарительной части термостабилизатора, а также обеспечивает повышение его эксплуатационных характеристик.

[1] ТУ 3642-006-01403119-11 (изм. 1), ОАО «Фундаментпроект», 2013 г.

[2] Охлаждающее устройство для температурной стабилизации многолетнемерзлых грунтов и способ монтажа такого устройства. Патент на изобретение № 2454506, приоритет от 08.10.2010 г. (авторы М.А. Андреев, И.А. Миронов, В.Д. Нестеров).

[3]. Ибрагимов Э.В., Гамзаев Р.Г., Андреев М.А., Дорофеева И.А. Способ монтажа систем термостабилизации грунтов проектируемых и действующих зданий и сооружений // Журнал нефтегазового строительства, 2013, № 2, С. 24–27.

[4] Гвоздик В.И., Андреев М.А., Абросимов А.И., Миронов И.А. Устройство

оснований и фундаментов крупных нефтяных резервуаров в условиях Крайнего Севера // Основания, фундаменты и механика грунтов, 2007, № 6.

[5] Минкин М. А., Кутвицкая Н. Б., Дашков А. Г. Основные направления развития фундаментостроения в зоне распространения вечномерзлых грунтов (ОАО «Фундаментпроект») – <http://www.fundamentproekt.ru>.

[6] Голубин С.И. Автореферат дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук «Повышение эксплуатационной надежности магистральных газопроводов в криолитозоне с применением технологии и технических средств термостабилизации грунтов». М., 2013 г.

Ibragimov E.V.,

chief specialist of the Department of construction and installation works OJSC «Fundamentproekt», assistant of the Department of soil mechanics and Geotechnology of Moscow state construction University, fund805@mail.ru

Gamzaev R.G.,

engineer of Department of construction and installation works OJSC «Fundamentproekt», assistant of the Department of soil mechanics and Geotechnology of Moscow state construction University, fund805@mail.ru

THERMAL STABILIZATION SYSTEM GROUND FOR BUILDINGS AND STRUCTURES WITH THE PROJECT DECISION OF FLOORS ON A GROUND

JSC «Fundamentproekt» produces thermostabilizers on its own production base. The thermostabilizers have proved to be very effective for soil stabilization of the foundations of industrial and civil buildings with a design decision on the ground floor. The use of new coatings inside evaporator thermostabilizers increases the heat transfer characteristics and performance of devices. This article provides a method of intensification of the existing thermostabilizers design.

Keywords: permafrost, freezing of soils, foundations, basements, heat setting, system of soil stabilizers, directional drilling, capillary cover.