

---

УДК 621.362.1

Е.М. Анохин, магистрант, (РУТ(МИИТ))

Научный руководитель Е.Н. Пирогов, к.т.н., доцент, (РУТ(МИИТ))  
г. Москва

### ТЕМРОСТАБИЛИЗАЦИЯ: НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

Область вечной мерзлоты занимает больше половины территории Российской Федерации. На этой территории находится значительная часть производственного потенциала страны и, кроме того, в ее недрах размещено огромное количества различных разведанных полезных ископаемых. Следует также рассматривать эту территорию как стратегический запас пресной воды. Однако, несмотря на широкие перспективы освоения территории вечной мерзлоты, работы в этом направлении ведутся недостаточными высокими темпами.

Такое положение связано с тем, что данная территория огромна по размерам, и для её освоения необходимы нестандартные технические решения, а, следовательно, и достаточно серьёзные финансовые вложения на обустройство различных месторождений, на создание и развитие инфраструктуры и т.п.

В естественных условиях в поверхностном слое грунтов наблюдаются колебания температуры в широком диапазоне значений. Происхождение колебаний температуры имеет различную природу, но наиболее значимыми являются сезонные колебания. В зимний период грунт замораживается, а в теплый – частично оттаивает.

Кроме того, в последнее время наблюдается тенденция повышения температуры вечномерзлых грунтов. Данное явление является серьёзной проблемой, потому что ежегодно увеличивается количество различных объектов, которые эксплуатируются на основаниях, сложенных вечномерзлыми грунтами [1,2].

Такое положение приводит к неустойчивому состоянию верхнего горизонта грунтов и, как следствие, появляются такие опасные явления как вспучивание грунтов в зимний период и их влагонасыщение в летний период времени. Появляется повышенная текучесть, грунт начинает разползаться, что приводит к деформации различных опорных конструкций.

Обеспечение устойчивости различных сооружений в условиях вечной мерзлоты достигается применением метода свайного строительства. В условиях вечной мерзлоты это наиболее эффективный и практичный способ.

При традиционном применении свайного метода используют железобетонные сваи, в частности, бурозабивные, опускные и буроопускные. Для

---

их установки пробуривают соответствующие скважины, применяя при этом такие способы бурения как тепловые, механические, или комбинированные.

Основной технологической задачей при строительстве в условиях вечной мерзлоты является обеспечение термостабилизации вечномерзлых грунтов.

Термостабилизация - это сохранение грунтов для свайного основания в мерзлом состоянии. Для этого используют специальные погружные устройства, которые, в свою очередь, бывают парожидкостными или жидкостными. Такие устройства носят название термостабилизаторов. Термостабилизаторы представляют собой особый вид теплообменных аппаратов - тепловые трубы. Гладкостенный вариант тепловых труб называется термосифоном. Теория тепловых труб подробно представлена в [1].

Термостабилизаторы по времени работы классифицируются как сезонно-действующие и круглогодичные. В теплое время года сезонно-действующие термостабилизаторы не работают [2-4].

Термостабилизаторы помещаются в специальные скважины, которые пробуриваются в непосредственной близости от опорного фундамента. Это необходимо для создания, так называемого мерзлотного экрана.

В зависимости от поставленных задач термостабилизаторы могут быть выполнены вертикальными, горизонтальными и наклонными.

В термостабилизаторы заправляется теплоноситель, циркуляция которого внутри термостабилизаторов обеспечивается за счет естественной конвекции, в результате чего грунты основания охлаждаются.

Естественная конвекция возникает при наличии разности температур зон испарения (охлаждения грунта) и конденсации (отвод теплоты), что соответствует разности плотностей теплоносителя.

В качестве теплоносителей используются различные жидкости (керосин или фреоны), температура кипения которых ниже температуры грунта.

При кипении пары теплоносителя из испарительной зоны устройства поднимаются в верхнюю часть (зона конденсации), где при их конденсации происходит отвод теплоты. Конденсат теплоносителя под действием гравитационных сил возвращается в зону испарения. Таким образом, обеспечивается циркуляция теплоносителя и, соответственно, охлаждение грунтов.

Добавление дополнительных теплоотводящих элементов (холодильная машина, теплообменные аппараты с промежуточным теплоносителем) в схему охлаждения позволяет эксплуатировать систему термостабилизации грунтов и в теплый период года.

При разработке системы термостабилизации грунтов дополнительные требования, а именно экологическая и пожарная безопасность, предъявляются к выбору теплоносителя. В настоящее время к наиболее

перспективными теплоносителями для решения приведенных задач можно отнести диоксид углерода или сжиженный аммиак.

Вне зависимости от принципа работы общим для всех термостабилизаторов является формирование вокруг них зоны мерзлого грунта, которая с течением времени увеличивается. Скорость расширения зоны мерзлого грунта определяется интенсивностью отвода теплоты, которая, в свою очередь, зависит от количества термостабилизаторов и их тепловой эффективности.

Одним из вариантов по совершенствованию конструкции термостабилизаторов является использование устройств с винтовой поверхностью контакта.

Винтовая поверхность контакта термостабилизатора (рис. 1.) с грунтами позволяет:

1. Выполнять монтажные работы в любое время года.
2. Использовать термостабилизаторы на болотистой местности.
3. При вертикальном положении повысить устойчивость устройства.
4. Повысить эффективность охлаждения грунта за счет увеличения теплопередающей поверхности и, как следствие, увеличить шаг расстановки устройств и уменьшить их количество.

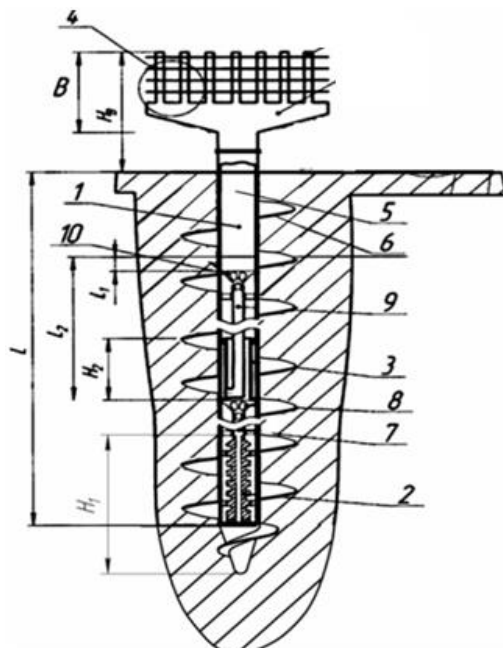


Рис. 1. Термостабилизатор с винтовой поверхностью:

1 – труба, 2 – испаритель, 3 – винтовой наконечник, имеющий винтовое оребрение, пространство которого заполнено теплоносителем, 4 – конденсатор, 7 – промежуточная труба, 8, 10 – воронка, 9 – промежуточная труба.

Одним из способов повышения эффективности термостабилизаторов является использование промежуточных теплоносителей. Особенность конструкции такого устройства состоит в том, что обычный термостабилизатор помещён в полугерметичной гильзе, в которой находится низковязкий пропиленгликолевый хладоноситель типа ХНТ-НВ в необходимом количестве [5].

Данный хладоноситель выступает в роли буферного или промежуточного теплоносителя. Его использование позволяет увеличить коэффициент теплопередачи устройства в целом, а также сохранить его значение по всей теплопередающей поверхности, как от грунта через гильзу, так и со стороны испарителя.

Такое техническое решение позволяет внести конструктивные изменения в устройство и использовать более энергоэффективные хладоносители. К тому же, пропиленгликолевые хладоносители могут достаточно длительное время контактировать с большим количеством различных конструкционных материалов, то есть, они имеют низкую коррозионную активность. Это свойство пропиленгликолевых хладоносителей позволяет применять вместо нержавеющей стали различные марки углеродистой стали, тем самым существенно снизить стоимость устройства. При добавлении в пропиленгликолевые хладоносители специальных присадок появляются возможности применения в устройствах охлаждения грунтов различных сплавов на основе меди и алюминия. Помимо этого, пропиленгликолевые хладоносители проявляют повышенную устойчивость к различным микроорганизмам.

Широкое распространение пропиленгликолевых хладоносителей тормозится их значительной вязкостью при температурах эксплуатации устройств охлаждения грунтов. Существенно возрастают эксплуатационные расходы за счет повышения энергозатраты на перекачку хладоносителя в контуре циркуляции. Для решения указанной проблемы, производители хладоносителей добавляют в составы специальные поверхностноактивные вещества (ПАВы), что в свою очередь приводит к повышению стоимости.

Таким образом, можно наметить два направления работ по совершенствованию термостабилизаторов: снижение эксплуатационных расходов за счет применения более эффективных хладоносителей и совершенствование конструкции с целью повышения их энергоэффективности.

#### Список литературы:

1. Васильев Л.Л. Теплообменники на тепловых трубах. Минск. Наука и техника, 1981. 143с.

---

2. Максименко В.А., Евдокимов В.С., Гладенко А. А., Новиков А. А., Галдин В.Д. Система заморозки грунта на основе парокомпрессионного и естественно-циркуляционного циклов // ОНВ. 2012. №2 (110).

3. Моторкин А.С., Евдокимов В.С. Термостабилизатор с винтовым оребрением для зональной заморозки грунта // ОмГТУ. 2014. №2.

4. Евдокимов В. С., Максименко В. А., Васильев В. К., Третьяков А. В. Исследование работы сезонно действующего термостабилизатора грунта // Проблемы региональной энергетики. 2014. №3 (26).

5. Генель Л.С., Галкин М.Л. Выбор промежуточных хладоносителей. Ч.1. // Холодильный бизнес. 2004. № 12. С. 31-35.

Информация об авторах:

Анохин Евгений Михайлович, магистрант гр. ЗТЖ-2911, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», 127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9, e-mail: evgenii-anohin@mail.ru

Пирогов Евгений Николаевич – к.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», 127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9, e-mail: pirogov\_ev49@mail.ru