



Пути экономичного и эффективного строительства в условиях криолитозоны:

СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ НАСЫПНЫХ ОХЛАЖДАЕМЫХ ОСНОВАНИЙ

Нефтегазодобывающие компании при строительстве и освоении месторождений нефти и газа в районах Крайнего Севера, где залегают многолетнемерзлые грунты, все чаще ищут наиболее эффективные пути экономии. Одним из способов экономии средств при обустройстве месторождений является применение зданий с большими размерами в плане на насыпных охлаждаемых основаниях. Но есть ли разница в применении различных охлаждаемых устройств для оснований сооружений?

Известно несколько конструкций охлаждающих устройств для насыпных охлаждающих оснований:

- холодильные машины с размещенными в основании охлаждающими трубами, по которым циркулирует хладоноситель;
- воздушные естественно или искусственно охлаждающие трубы и каналы;
- слабонаклонные термостабилизаторы;
- системы «ГЕТ».

Рассмотрим опыт применения каждого технического решения.

Холодильные машины с циркуляцией хладоносителя применялись при строительстве насыпных охлаждаемых оснований резервуаров РВС10000 на насосных станциях Трансаляскинского нефтепровода, расположенных на многолетнемерзлых грунтах. В качестве системы температурной стабилизации грунтов (ТСГ) основания резервуаров принята насосная трубчатая схема охлаждения с холодильной машиной. Конструкция основания включает послойно размещенные в насыпи:

- горизонтальные охлаждающие трубы;
- теплоизоляцию;
- фундамент мелкого заложения.

Охлаждение основания производится за счет циркуляции хладоносителя насосом, который охлаждается холодильной машиной. К недостаткам такой системы относятся:

- эксплуатационные затраты на обслуживание и электроснабжение холодильной машины;
- необходимость контроля качества хладоносителя и его периодическая замена.

Опыт эксплуатации холодильных машин на Трансаляскинском нефтепроводе в открытой печати не представлен.

Комплексная система охлаждения грунтов основания и подогрева пола при помощи холодильной машины выполнена при строительстве ангара для стоянки и ремонта самолетов в аэропорту г. Анадыря. Система работала несколько лет в автоматическом режиме, однако после поломки холодильной машины потребовались значительные средства на приобретение и доставку нового холодильного агрегата. Поэтому после поломки холодильного агрегата охлаждение грунта прекратилось, началось растрескивание сильнольдистых грунтов основания и деформации полов. В настоящее время ведутся проектные работы по замене системы искусственного охлаждения на сезонно действующие системы. Таким образом, данный пример показывает, что при применении холодильных машин необходимо предусматривать резервную холодильную машину на случай выхода из строя или ремонта, что существенно увеличивает капитальные затраты на строительство основания.

На Варандейском терминале на четырех РВС50000 применены холодильные машины для работы в летнее время в целях поддержания заданного температурного режима. Ежегодные затраты на эксплуатацию холодильных машин составляют несколько миллионов рублей, что приводит к значительным затратам за весь срок эксплуатации объекта.

При строительстве главного корпуса электростанции в г. Салехарде для температурной стабилизации грунтов основания применена холодильная машина. По заданию Генподрядной организации было выполнено сравнение эффективности применения данного технического решения с применением сезонно действующей системы «ГЕТ». Результаты сравнения приведены в табл. 1.

Как видно из таблицы, при низкой стоимости холодильной машины с охлаждающими трубами потребуются значительные эксплуатационные расходы при использовании холодильной машины, что приводит в конечном счете к тому, что наиболее эффективно применять сезонно действующие системы температурной стабилизации грунтов основания. И этот немаловажный

Таблица 1

Сравнение технико-экономических показателей принятых технических решений

Сезонно действующая система «ГЕТ»	Система искусственного охлаждения с холодильной машиной	Выводы
Ориентировочная стоимость СМР — 90 млн руб.	Ориентировочная стоимость СМР — 25 млн руб. Ориентировочная стоимость эксплуатационных затрат — 12 млн руб/год	Экономический эффект от применения сезонно действующей системы «ГЕТ» составляет 2,25 млн руб/год



фактор значительных эксплуатационных затрат необходимо учитывать при строительстве оснований с применением холодильных машин, несмотря на привлекательность низкой стоимости капитальных затрат.

Насыпные охлаждаемые основания с вентиляционными трубами с естественной и искусственной циркуляцией воздуха применялись при строительстве зданий с полами по грунту на Ямбургском месторождении и на станции Обская. За период эксплуатации вентиляруемых каналов в течение 15 лет произошла забивка труб льдом, что привело к отсутствию циркуляции воздуха и растеплению грунтов. После чего часть зданий была переведена в неотопляемый режим эксплуатации, а на отопляемых зданиях воздушные каналы были заменены системой «ГЕТ». Поэтому в дальнейшем воздушные каналы практически не применяются для насыпных охлаждаемых оснований.

Таким образом, в настоящее время холодильные машины и охлаждающие трубы для насыпных охлаждаемых оснований практически не применяются.

Наиболее широкое распространение при строительстве насыпных охлаждаемых оснований нашли сезонно действующие системы «ГЕТ» конструкции ООО НПО «Фундаментстройаркос», которые успешно эксплуатируются примерно на 1500 объектах Крайнего Севера. Однако некоторые компании (ОАО «Фундаментпроект», НПО «Север», ООО «Таис-С» и ООО «Проектстройстабилизатор») начали применять слабонаклонные термостабилизаторы для температурной стабилизации грунтов оснований насыпных охлаждаемых оснований. На примере Главного цеха сортировочного участка комплекса по добыче, подготовке, сжижению газа, отгрузке СПГ и газового конденсата Южно-Тамбейского ГКМ с размерами 105 × 120 м рассмотрим охлаждаемые насыпные основания, выполненные с применением слабонаклонных термостабилизаторов и систем охлаждения «ГЕТ».

ОХЛАЖДАЕМОЕ ОСНОВАНИЕ СО СЛАБОНАКЛОННЫМИ ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРАМИ

Система температурной стабилизации грунтов основания цеха состоит из 126 индивидуальных слабонаклонных термостабилизаторов, размещенных с шагом 2 м. Диаметр испарителя составляет 76 мм, длина каждого испарителя – примерно 60 м. Итого в основании размещено

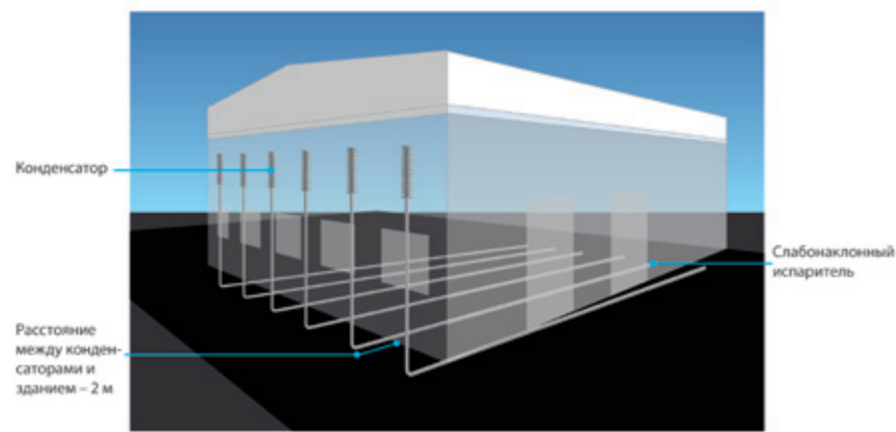


Рис.1. Охлаждаемое основание со слабонаклонными термостабилизаторами

7560 м охлаждающих труб. Слабонаклонные термостабилизаторы частично заполнены хладагентом – хладон-22. Конструкция основания со слабонаклонными термостабилизаторами приведена на рис. 1.

Замораживание грунтов основания производится в зимнее время. При понижении температуры воздуха ниже температуры грунта, где размещается слабонаклонный испаритель, жидкость, находящаяся в нижнем конце испарителя, начинает вскипать, и образовавшийся пар поднимается вверх через весь испаритель в надземную часть (конденсатор). В конденсаторе пар конденсируется и превращается в жидкость, которая стекает по слабонаклонному испарителю, расположенному на отметках от –0,9 до –1,9 м, и, испаряясь, забирает тепло от грунта и снова превращается в пар.

Конструкции слабонаклонных стабилизаторов имеют ряд особенностей. Например, сток жидкости производится по низу трубы, в результате чего теплообмен между грунтом и слабонаклонным испарителем происходит только на 1/3 нижней поверхности трубы. Замораживание грунтов производится неравномерно, поскольку наиболее интенсивный теплообмен происходит на ближних к конденсатору участках, куда первоначально подается жидкость из конденсатора. Также можно отметить, что противоточное течение жидкости и пара создает гидравлические потери, в результате которых при высоких тепловых нагрузках жидкость не поступает в нижнюю часть слабонаклонного испарителя. Еще одна из особенностей конструкции слабонаклонных термостабилизаторов – время запуска (полное смачивание нижней образующей слабонаклонного испарителя) составляет несколько часов.

К недостаткам охлаждаемого основания с применением слабонаклонных термостабилизаторов можно отнести:

- 1) увеличение объема и стоимости земляных работ за счет устройства наклонного основания с отметки –0,9 до –1,91 м;
- 2) неравномерные температуры грунта в случае выхода из строя одного слабонаклонного термостабилизатора;
- 3) отключение из работы слабонаклонного термостабилизатора при непредвиденных локальных просадках испарителя, исключении наклона испарителя либо появлении противуклона испарителя;
- 4) сложности подключения большого количества отдельных слабонаклонных термостабилизаторов к холодильным машинам для выполнения работ по замораживанию грунта при непредвиденных тепловыделениях;
- 5) увеличение сроков монтажа системы за счет применения ручной дуговой сварки и необходимости 100%-го рентгенконтроля сварных стыков;
- 6) ограничение мест для размещения надземной части систем;
- 7) неудобство в эксплуатации при размещении конденсаторов вдоль здания;
- 8) применяемый хладагент – хладон-22 ограничен к применению с 2015 г. и запрещен с 2020 г., поэтому по окончании эксплуатации необходимо провести работы по утилизации хладона-22.

ОХЛАЖДАЕМОЕ ОСНОВАНИЕ С СИСТЕМАМИ «ГЕТ»

Конструкция основания цеха с системой «ГЕТ» приведена на рис. 2. В основании цеха размещены охлаждающие трубы с шагом

Таблица 2

Сравнительный расчет затрат на строительные-монтажные работы по устройству оснований с системами «ГЕТ» и слабонаклонными термостабилизаторами

Наименование объекта	Применение слабонаклонных термостабилизаторов, тыс. руб.	Применение систем ГЕТ, тыс. руб.	Сумма снижения затрат, тыс. руб.
Южно-Тамбейское ГКМ Строительство комплекса по добыче, подготовке, сжижению газа, отгрузке СПГ и газового конденсата. Главный цех, 105 × 120 м	97 333,455	83 684,303	13 649,152
Экономический эффект от применения систем «ГЕТ» составляет 16 %			

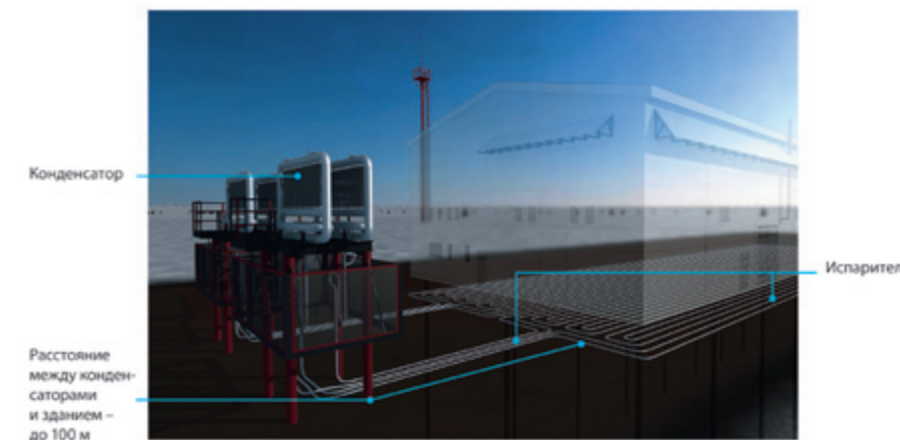


Рис.2. Охлаждаемое основание с системами ГЕТ

1,5 м и диаметром 33,7 мм. Охлаждающие трубы расположены поочередно от двух конденсаторных блоков, что обеспечивает дополнительную надежность. Всего в основании размещено 8000 м охлаждающих труб, подключенных к 20 конденсаторным блокам. Хладагент системы – аммиак – не запрещенный, озоноразрушающий природный хладагент, не требующий больших затрат на утилизацию. Утилизация производится методом растворения в воде до безопасных концентраций. Количество хладагента в системе равно объему охлаждающих труб.

Замораживание грунтов производится в зимнее время. При понижении температуры воздуха ниже температуры грунта, где размещаются горизонтальные охлаждающие трубы, вся жидкость, находящаяся в трубах, начинает вскипать, и образовавшаяся парожидкостная смесь поступает в надземную часть (конденсаторный блок). В конденсаторном блоке парожидкостная смесь разделяется на пар и жидкость, пар конденсируется и превращается в жидкость, которая совместно с ранее отделенной жидкостью поступает в охлаждающие трубы, где, испаряясь, забирает тепло от грунта и снова превращается в парожидкостную смесь. Таким

образом, в охлаждающих трубах происходит однонаправленное движение парожидкостной смеси, которая имеет практически равномерную температуру по всей длине трубы. Преимущества основания с системой «ГЕТ» относительно слабонаклонных термостабилизаторов:

- 1) уменьшение объема и стоимости земляных работ, так как система монтируется на горизонтальной площадке на отметке –0,9 м;
- 2) равномерное охлаждение грунта по всей длине охлаждающих труб;
- 3) малое время запуска системы (не более 30 мин);
- 4) сжатые сроки монтажа благодаря применению автоматической сварки с компьютерным контролем;

- 5) сохранение работоспособности систем при непредвиденной осадке грунта до 0,5 м;
 - 6) быстрое подключение конденсаторных блоков к холодильной машине в случае необходимости для компенсации непредвиденных тепловыделений;
 - 7) возможность удаления конденсаторных блоков на расстояние до 100 м от объекта;
 - 8) малые затраты на утилизацию аммиака после окончания эксплуатации объекта.
- Сравнительный расчет затрат на строительные-монтажные работы по устройству оснований с системами «ГЕТ» и слабонаклонными термостабилизаторами приведен в табл. 2. Таким образом, применение систем температурной стабилизации грунтов «ГЕТ» для насыпных охлаждаемых оснований является наиболее эффективным и экономически выгодным техническим решением. С развитием технологий строительства, активным обустройством северных территорий и накопленным опытом температурная стабилизация давно не ограничивается устройством проветриваемых подполий и свайных полей. Но выбор оптимального варианта, который обеспечит не только надежную эксплуатацию объекта относительно устойчивости, но и окажется более эффективным и экономически выгодным, в настоящее время имеет повышенное значение.



ООО Научно-производственное объединение «Фундаментстройаркос»
625014, Россия, г. Тюмень,
ул. Новаторов, д. 12
Тел.: (3452) 26-13-67, 22-53-25