

# ПРОЧНЫЙ ФУНДАМЕНТ НА «КАПРИЗНОЙ» МЕРЗЛОТЕ

*В октябре 2011 года исполнится двадцать лет с того момента как научная лаборатория по изучению мерзлоты института Гипротюменнефтегаз стала самостоятельной научно-внедренческой фирмой, со временем выросшей в научно-производственное объединение «ФундаментСтройАркас», специализирующееся на комплексном решении проблем строительства оснований на вечномерзлых грунтах.*

...Шел 1989-й год. Все началось с эксперимента Григория Меркуловича Долгих, бывшего в описываемую пору руководителем лаборатории института Гипротюменнефтегаз. Для укрепления оснований под нефтяным резервуаром большой емкости на Уренгойском газоконденсатном месторождении было предложено несколько устройств по замораживанию грунтов. Самыми эффективными оказались горизонтальные трубчатые системы (ГЕТ). В последующем в лаборатории были разработаны и другие системы термостабилизации. На международной конференции мерзлотоведов, прошедшей в Норильске в 1991 году, все они были признаны наиболее перспективными.

Научно-практический задел позволил коллективу лаборатории во главе с Г.М. Долгих и С.Н. Окуновым отправиться в «автономное» плавание по волнам рыночной стихии, когда стали разваливаться крупные научные центры и останавливаться мощные предприятия. Так появилась на Тюменской земле хорошо известное теперь по всей стране комплексное специализированное научно-производственное объединение «ФундаментСтройАркас», на сегодняшний день – лидер в области термостабилизации и замораживания грунтов основания. В сферу его деятельности вошел весь спектр задач по этому направлению, включающих инженерные изыскания, научную разработку, проектирование, заводское производство систем термостабилизации, монтаж, технический и авторский надзор, мониторинг...

Горизонтальные естественно действующие трубчатые системы замораживания грунтов основания ГЕТ впервые были применены на объектах Сандибинского и Уренгойского месторождений. Система представляет собой герметично выполненное теплопередающее устройство, не требующее затрат электроэнергии, автоматически действующее в зимнее время за счет силы тяжести и положительной разницы температур между грунтом и наружным воздухом.

Система ГЕТ состоит из двух основных элементов:

- охлаждающих труб – размещенной в основании сооружения испарительной части, служащей для циркуляции теплоносителя и замораживания грунта;



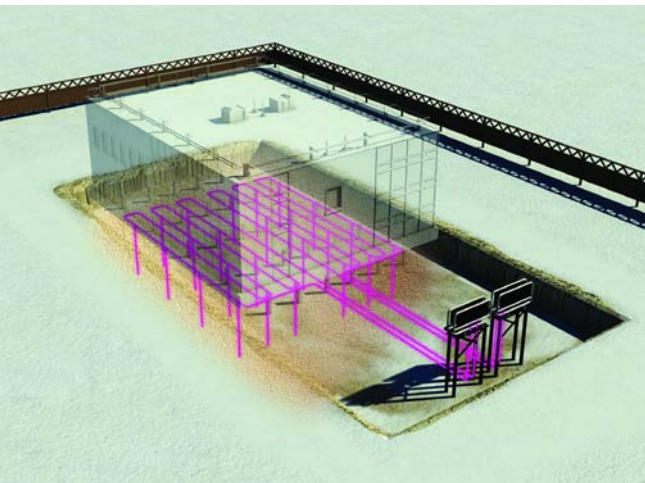
**Система ГЕТ включает размещенные под теплоизоляцией горизонтальные охлаждающие и соединительные трубы (подземная часть) и конденсаторный блок (наземная часть)**



**Термостабилизация системами ГЕТ в основании производственного корпуса (116,2 x 66 м) на Ванкорском нефтяном месторождении**

- конденсаторного блока, расположенного над поверхностью грунта, соединенного с испарительной частью и предназначенного для конденсации паров теплоносителя и перекачки его по системе за счет естественной конвекции и силы тяжести.

Хладагент системы – аммиак.



**Система ВЕТ включает вертикальные охлаждающие (ТОВы) и соединительные трубы (подземная часть) и конденсаторный блок (наземная часть)**

Первые годы эксплуатации системы показали, что бывают случаи, когда замораживание основания грунта под фундамент должно произойти быстрее на начальном этапе строительства и эксплуатации объекта, когда необходимо обеспечить сразу проектную несущую способность основания. Для решения этой задачи была разработана вертикальная естественно действующая трубчатая система **ВЕТ** с вертикальными ответв-



**Термостабилизация системами ВЕТ в основании производственного корпуса на Бованенковском нефтегазоконденсатном месторождении**

лениями вглубь (ТОВы), способными доставлять холод на глубину до 12–15 м.

Массовое внедрение систем ГЕТ и ВЕТ пришлось на обустройство Южно-Русского, Самбургского, Верхнечонского, Ванкорского, Бованенковского, Ныдинского и Южно-Хыльчююского месторождений.

Другое инженерное решение – **индивидуальные термостабилизаторы** – предназначены для замораживания талых и охлаждения пластичномерзлых грунтов под зданиями с проветриваемым подпольем и без него, эстакадами трубопроводов и другими сооружениями с целью повышения их несущей способности и предупреждения выпучивания свай.

Эти устройства представляют собой индивидуальную однотрубную конструкцию с цельнометаллическим корпусом, заправленную хладагентом – углекислотой или аммиаком. Общая длина термостабилизатора – от 10 до 23 м. Высота наземной конденсаторной части с алюминиевым оребрением – до 3 м, испарительная часть термостабилизатора находится в грунте.

Данное техническое решение оказалось незаменимым при строительстве нефтепровода Ванкор – Пурпе протяженностью 548 км. Трасса нефтепровода пересекает несколько ландшафтных зон, на которых встречаются все виды грунтов, скованных вечной мерзлотой. Это подземные льды и бугры пучения – ледяные ядра, которые поднимают над собой целые холмы с почвой, дерном и кустарниками. Все это вызвало большие трудности при проектировании и строительстве объекта. В целом 238 км нефтепровода – в северной его части – проложили поверху, а 310 км в южной части пришлось увести под землю.

**Индивидуальные термостабилизаторы, установленные совместно со сваями**

**Нефтепровод Ванкор – Пурпе**

Для надземной части НПО «ФундаментСтройАркас» спроектировало специальные конструкции опор с термостабилизаторами в сваях. Всего для северного участка их было установлено 38 тыс. шт., для подземной южной части – более 28 тыс. шт.

Решение этой крупной задачи потребовало довести объем производства термостабилизаторов до 6000 шт. в месяц. С чем НПО «ФундаментСтройАркас» успешно справилось, одновременно запустив строительство двух линий по выпуску и заправке термостабилизаторов. Нефтепровод Ванкор – Пурпе – один из самых крупных объектов, построенных в России на вечномерзлых грунтах и второй в мире после Трансаляскинского нефтепровода на Аляске, где было установлено более 100 тыс. шт. термостабилизаторов «Лонга».

Однако следует отметить значительные ошибки, допущенные при изысканиях, которые

**Плотина на реке Лиендокит. Нюрбинский ГОК АК «Алроса»**

**Плотина на реке Лиендокит.  
Глубинное коллекторное СОУ**

не дали достоверной информации о температуре грунта и его составе, а также то, что строительно-монтажные работы велись не профессиональными в области термостабилизации строительными компаниями, что привело к браку в установке сезоннодействующих охлаждающих устройств (СОУ).

Кроме объектов нефтяной и газовой промышленности разработки «ФундаментСтройАркас» были опробованы при строительстве фабрики по переработке руд драгоценных металлов в Хакандже (Магаданская область) и на плотинах Якутии – Иреляхской (на реке Лиендокит) и на хвостохранилище Нюрбинского ГОКа.

Специально для этих объектов было разработано несколько конструкций **глубинных СОУ**. Так, например, для плотины на реке Лиендокит было сконструировано коллекторное СОУ. Оно с помощью коллектора соединено с аппаратом воздушного охлаждения, в котором обдув ореб-



*Резервуарный парк на Ванкорском месторождении*



**Термостабилизация основания РВС системами ГЕТ (видна надземная часть системы – конденсаторные блоки)**

ренных труб производится при помощи вентиляторов.

Принудительный обдув воздухом оребренных труб позволяет в самые морозные безветренные периоды (которые характерны для Якутии) значительно увеличить теплообмен и получить температуру замораживающих труб практически равную температуре наружного воздуха. Такая система предназначена для интенсив-

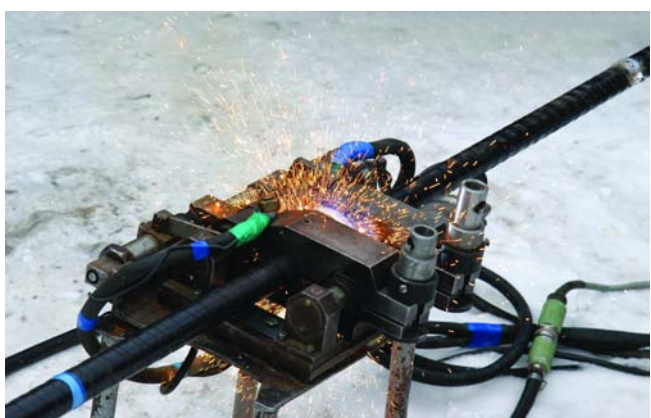
ного первоначального промораживания и дальнейшего экономичного поддержания полученной мерзлой зоны грунта.

Использование разработок НПО «ФундаментСтройАркоС» при строительстве на стадии нулевого цикла позволяет заказчику сократить объемы капиталовложений до 60 %.

Так, например, важнейшие объекты Ванкорского месторождения – резервуары под нефть и воду, склады ГСМ – первоначально предполагалось возводить на сваях. Пробуриив мерзлоту, пришлось бы установить более 12 тыс. свай диаметром 530 мм и длиной до 16 м.

Вместо бескрайних свайных полей «ФундаментСтройАркоС» предложил установить 140 систем ГЕТ. В результате была заморожена площадь в 30 тыс. м<sup>2</sup>, и резервуарный парк из девяти емкостей в 20 000 м<sup>3</sup>, четырех емкостей в 30 000 м<sup>3</sup> и 19 резервуаров меньшего объема теперь построен на надежных фундаментах с системами ГЕТ и мощным промежуточным слоем теплоизоляции.

Использование систем ГЕТ на Ванкорском месторождении позволило снизить капитальные затраты на 900 млн руб. При этом сократить и сроки строительства. Вместо планируемых трех лет резервуарный парк Ванкора был смонтирован всего за полтора года – одним из первых среди объектов месторождения.



**11, 12. Полевая автоматическая сварка со 100%-м компьютерным контролем качества сварного шва (крупным планом показана сварочная головка МД-115)**



**Автоматическая линия по производству термостабилизаторов**

Производственные мощности компании не имеют аналогов в России – как по объемам выпускаемой продукции, так и по технологии изготовления.

Надежность криогенных устройств, заполненных хладагентом, их способность служить не один десяток лет зависят, в первую очередь, от герметичности конструкции, то есть от качества сварочных швов, а их в одной системе больше 100 стыков диаметром от 33,7 мм до 150 мм.

Поэтому как в заводских, так и в полевых условиях используется технология автоматической сварки, разработанная в Институте им. Е.О. Патона, которую специалисты НПО «Фундамент-СтройАркос» модернизировали и усовершенствовали.

Использование подвижной и неподвижной части головок магнитных пластин обеспечили ориентированную сварку в магнитном поле, благодаря чему сформировалась устойчивая конфигурация шва, не требующая снятия грата, что исключило повреждение полиэтиленовой изоляции.

Использование немецкого прибора «Спайдер» позволило вывести на экран компьютера значения всех четырех основных параметров режима сварки – силы тока, напряжения, давления при сварке и величины усиления шва, и тем самым обеспечить 100%-й контроль сварных соединений.

Введена в эксплуатацию полуавтоматическая линия для напыления цинкового покрытия на подземные элементы систем вместо антикоррозийного полиэтиленового. Цинковое покрытие сокращает температурные потери, обеспечивает надежность и долговечность систем, предназначенных для работы в условиях Арктики на всем протяжении срока службы зданий и сооружений.

Следующим направлением по увеличению эффективности работы термостабилизирующих систем является применение «чистых» хладагентов со степенью очистки от примесей (воды и неконденсирующих газов) 99,99 %. Проведенные исследования работы термостабилизаторов показали, что наличие неконденсирующих газов в хладагентах при повышенной влажности воздуха может вызвать фрагментарное выпадение инея на наземной ребренной части термостабилизаторов.



**Камера оцинкования подземных элементов систем**

Оказалось, что даже 0,2 % примесей в углекислоте существенно влияют на работу термостабилизаторов. Для выполнения доочистки углекислоты в НПО «ФундаментСтройАрко» изготовлена и запущена в работу четырехступенчатая установка очистки углекислоты, позволяющая получить степень очистки 99,99 %. Процесс заправки термостабилизаторов также автоматизирован и производится с применением компьютерного контроля.

...Специалисты НПО «ФундаментСтройАрко» участвовали в сооружении более 300 объектов, среди которых газовые и нефтяные месторождения, золото- и алмазодобывающие предприятия, железные дороги, плотины, промышленные и гражданские здания на пространстве от Нарьян-Мара до Чукотки. В результате заказчики компании сэкономили миллионы рублей, значительно ускорили темпы работ и повысили уровень их качества.

## КОРОТКО...

*«Проблема использования грунтовых оснований, представленных мерзлыми грунтами, для строительства зданий и сооружений, в том числе и трубопроводных транспортных систем, всегда была и остается актуальной геотехнической проблемой и сложной инженерной задачей. Связано это с учетом реологических свойств мерзлых грунтов. Компания «ФундаментСтройАрко» успешно решает задачу стабилизации температурного режима мерзлых грунтов в основаниях зданий и сооружений.»*

*При этом следует отметить открытость компании, о чем свидетельствует соавторство генерального директора Долгих Григория Меркуловича в издании единственного в России учебника по строительству нефтегазовых объектов в условиях Севера, в котором им подготовлен раздел, освещающий методы температурной стабилизации грунтов оснований зданий и сооружений при строительстве в районах распределения многолетнемерзлых и вечномерзлых грунтов».*

**Кушнир Семен Яковлевич,**  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой механики грунтов,  
оснований и фундаментов  
нефтегазовых объектов ТюмГНГУ

Инновационные технические решения, предложенные НПО, становятся все более и более востребованными. Практика все чаще доказывает, что без союза с наукой, изучающей характер мерзлоты, без новых подходов к стабилизации грунтов оснований сооружений в условиях вечной мерзлоты не обойтись.

Предстоит выполнить большой объем работ по обустройству второй очереди Ванкорского и Бованенковского месторождений.

Необходимо осуществить пионерный выход на строительстве первоочередных объектов на Южно-Тамбейском месторождении, которое будут осваивать ООО «НОВАТЭК» и его ямальское подразделение по подготовке и переработке конденсата.

С компаниями ТНК и «РОСПАН» совместно с генеральным проектировщиком «ВНИИСТ-Нефтегазпроект» ведутся переговоры об участии НПО «ФундаментСтройАрко» в проектировании, поставках и строительно-монтажных работах на обустройстве Сузунского месторождения и сооружении магистрального нефтепровода до НПС Пурпе.

На стадии согласования у руководства Вилюйской ГЭС-3 находится предложение по температурной стабилизации тела плотины станции с использованием коллекторных СОУ.

Хочется надеяться, что представленные технические решения по термостабилизации грунтов найдут более широкое применение при строительстве автомобильных и железных дорог, линий электропередач и радиорелейных линий связи, расположенных в зоне распространения вечной мерзлоты.

**Материал подготовлен пресс-службой  
ООО НПО «ФундаментСтройАрко» –  
специально  
для «Журнала нефтегазового строительства»**