

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРОВ

А.У. Якупов, Р.А. Мамадалиев, К.С. Воронин

Научный руководитель: доцент, Д.А. Черенцов

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, Россия

Освоение арктической зоны и крайнего севера влияет на развитие нефтегазовой комплекса Российской Федерации. Новые газовые и нефтяные месторождения разрабатываются в районах многолетних мерзлых грунтов (ММГ), которые покрывают более 60% площади РФ. А ведь там сосредоточено треть разведочных и подавляющее большинство потенциальных запасов углеводородного сырья. Использование ММГ в качестве оснований зданий и сооружений производится по СНиПу согласно I принципу, использование оснований в мерзлом состоянии в течение всего времени эксплуатации. Свойства ММГ - потеря несущей способности при их растеплении. В связи с этим существует необходимость применения способов регулирования и управления температурным режимом грунтов оснований.

Проанализировав многолетний Российский и зарубежный опыт, можно выделить следующие способы термостабилизации ММГ:

- Системы горизонтальные естественно действующие трубчатая система замораживания грунтов основания. «ГЕТ». Состоит из: горизонтальных охлаждающих труб расположенных в грунте и служит для циркуляции хладагента и конденсаторного блока расположенного на поверхности грунта, где за счет конвекции и сил тяжести происходит конденсация паров хладагента и дальнейшая передача тепла окружающему воздуху. Системы представляет собой герметичное теплопередающее устройство, не требующее затрат электроэнергии, автоматически действующее в зимнее время, за счет разницы температур между грунтом и наружным воздухом. Преимущества: стабилизировать температуру в самых недоступных местах, где размещение надземных элементов трудновыполнимо. Недостатки: металлоемкий способ при термостабилизации протяженных объектов, замораживает верхний слой грунта.

- Система вертикальных охлаждающих труб «ВЕТ». Преимущества: замораживает грунт основания быстрее на начальных этапах строительства и эксплуатации, промораживает грунт глубиной 12-15 метров. Недостатки: применяется только для поддержания температурного режима резервуаров, автомобильных и железнодорожных дорог, зданий.

- Продуваемые или вентилируемые подполья. Преимущества: применяется в комплексе с другой системой охлаждения. Недостатки: отдельно, как способ охлаждения, не эффективен.

- Индивидуальные сезоннодействующие охлаждающие устройства «СОУ» – термостабилизаторы. Устройства представляют собой индивидуальную однотрубную конструкцию с цельнометаллическим корпусом, заправленную хладагентом. Преимущества: возможность применения для всех объектов и сооружений. Недостатки: сезонность действия.

Для сохранения оснований сооружений в вечномерзлом состоянии и увеличения несущей способности грунтов оснований наиболее экономически целесообразно в качестве систем температурной стабилизации использовать парожидкостные СОУ – термостабилизаторы.

Для оценки и выбора эффективного термостабилизатора, был произведен анализ конструкций, применяемых в производстве и выбран для сравнения наиболее применяемый рис. 1а; выполнен патентный поиск и выявлена конструкция с повышенной холодильной мощностью рис. 1б, но не используемая из-за трудоемкости изготовления. Авторами статьи предложено устройство рис. 1в, которое имеет ряд параметров, по которым превосходит имеющиеся конструкции.

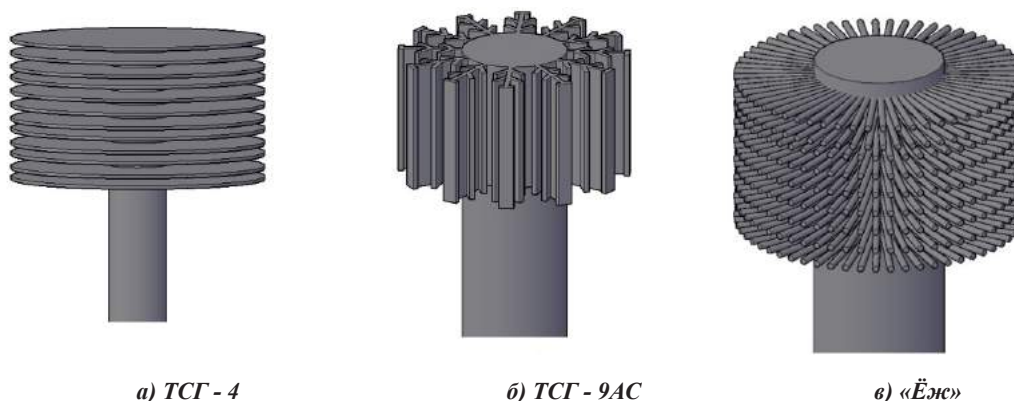


Рис. 1. Конструкции термостабилизаторов

Для подтверждения эффективности предложенной конструкции термостабилизатора разработана схема моделирования температурного режима согласно [5]. Моделирование температурного режима ММГ выполняется путем численного решения дифференциальных уравнений теплопроводности методом конечных элементов или конечных разностей:

$$\rho(T) \cdot c_p(T) \cdot \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot (K(T) \cdot \nabla T) = 0 \quad (1)$$

где $\rho(T)$ – плотность грунта; T – температура; $c_p(T)$ – теплоемкость грунта; t – время; $K(T)$ – теплопроводность грунта.

Моделирование проводилось в программном комплексе COMSOL рис. 4. В моделировании учитывались данные из материалов инженерных изысканий: температура атмосферного воздуха; величина суммарной солнечной радиации и альbedo деятельности поверхности при средних условиях облачности; теплофизические характеристики грунтов (теплоемкость, теплопроводность, плотность); среднеквадратичная толщина и плотность снежного покрова. Заданы граничные условия согласно [4]: нулевой тепловой поток на нижней и боковых поверхностях моделируемого массива грунта; сумма тепловых потоков на границе грунт-атмосфера.

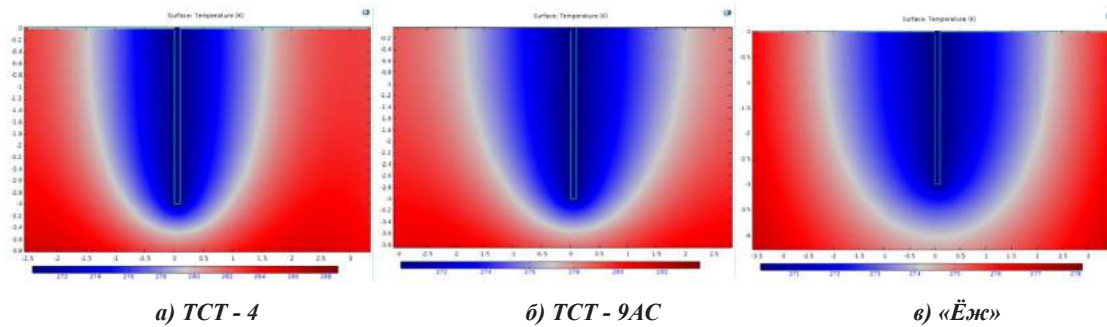


Рис. 2. Ореолы замораживания грунта

В результате численного эксперимента конструкция термостабилизатора, предложенная авторами, показала наибольший ореол замораживания грунта.

Выводы

1. Авторами статьи разработана схема моделирования температурного режима, учитывающая изменяющиеся во времени данные из материалов инженерных изысканий. С помощью численного моделирования в программном комплексе COMSOL.
2. Авторами статьи разработана конструкция термостабилизатора. Проведен сравнительный анализ эффективности конструкций термостабилизаторов, оценкой ореолов замораживания.
3. Для внедрения рассмотренной конструкции на реальное производство необходимо проведение натурного эксперимента и проведению апробации.
4. В перспективе необходимо разработать схему, при которой будет учитываться взаимодействие температурных полей близстоящих термостабилизаторов и взаимодействие термостабилизатора с трубопроводом.

Литература

1. Акулов К.А., Голик В.В. Совершенствование аппаратов воздушного охлаждения применением игольчатооребрённых теплообменных труб. // В сборнике: Нефтегазовый терминал сборник научных статей памяти профессора Н. А. Малюшина. Тюмень, 2015. С. 9-15.
2. Воронин К.С., Дудин С.М., Земенкова М.Ю., Закиров Н.Н., Гладенко А.А. Прогнозирование и оценка опасности нарушения геометрической формы газопровода. // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-3. С. 32.
3. Воронин К.С. Прогнозирование развития повреждений на магистральных газопроводах под воздействием динамической нагрузки. // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 25.00.19/ Тюменский государственный нефтегазовый университет. Тюмень, 2013.
4. Марков Е.В., Пульников С.А., Гербер А.Д. Проблемы задания граничных условий при моделировании теплового взаимодействия «горячих» трубопроводов с многолетнемерзлыми грунтами. // Фундаментные исследования. – 2015. - № 2-10. – С. 2106-2110.
5. Марков Е.В., Пульников С.А., Гербер А.Д., Расчет температурного режима многолетнемерзлых грунтов с учетом радиационного излучения в инфракрасной области спектра и термического сопротивления снежного покрова. // Фундаментные исследования. – 2015. - № 2-10. – С.
6. Пирогов С.П., Черенцов Д.А. Теоретические основы проектирования вибростойких манометров. // Измерительная техника. 2016. № 8. С. 38-41.
7. Pirogov S.P., Cherentsov D.A., Gulyaev B.A. Prospects of applying vibration-resistant pressure gauges in the oil and gas industry. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Ser. “International Scientific-Practical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists “Transport and Storage of Hydrocarbons”” 2016. С. 012013.