

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ТРУБОПРОВОДА НА ОПОРАХ**

**И.П. Дубченко**

Научный руководитель - профессор П.В. Бурков

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В последнее время новую актуальность набирает вопрос о надежности магистральных и промышленных трубопроводов в районах Крайнего Севера. В таких районах преобладают многолетнемерзлые грунты (ММГ), которые характеризуются слабонесущими и пучинистыми свойствами, а также экстремальными климатическими условиями, что в свою очередь не позволяет обеспечить эксплуатационную надежность сооружений.

Повышенные требования к строительству и эксплуатации инженерных сооружений, возводимых на территории многолетнемерзлых грунтов, обусловили необходимость к проектированию трубопроводов нового поколения, обладающих повышенными весовыми и жесткостными характеристиками, а прочность и надежность таких трубопроводов – одно из важнейших условий их долговечной и безаварийной работы. Поэтому важнейшей целью в этой области, на мой взгляд, является исследование взаимодействия ММГ с трубопроводами, устанавливаемыми на опоры, и разработка новых подходов к проектированию и строительству трубопроводов с применением опорных конструкций [1].

Цель данной работы. Исследовать взаимодействие опорных конструкций трубопровода с многолетнемерзлыми грунтами.

Задачи:

- проблематика трубопроводного транспорта в условиях Крайнего Севера;
- анализ существующих факторов влияния многолетнемерзлых грунтов на положение трубопровода;
- исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) трубопровода (Ansys 19.0).

Объект исследования. Магистральный трубопровод: диаметр: 530x11, давление: 9,0 МПа; длина: 12 м, в зоне проседания многолетнемерзлого грунта.

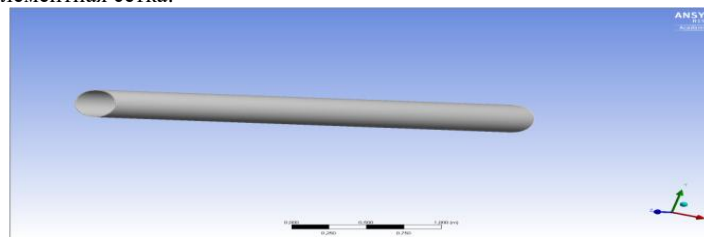
Как известно, ММГ обладают способностью давать значительные осадки при оттаивании грунта, что существенно влияет на сопротивляемость продольным и поперечным перемещениям труб, поскольку нарушается структура грунта и ухудшаются его физико-химические свойства. Соответственно, возникшие при этом изгибающие напряжения нарушают эксплуатационную надежность и могут являться причинами аварий и отказов [2].

Поскольку магистральные трубопроводы согласно СП 36.13330.2012 относятся к «горячим» трубопроводам, то есть транспортируют нефть только при положительной температуре, то влияние тепловых излучений транспортируемого продукта оказывает существенное воздействие на твердомерзлое состояние многолетнемерзлых грунтов [1,4].

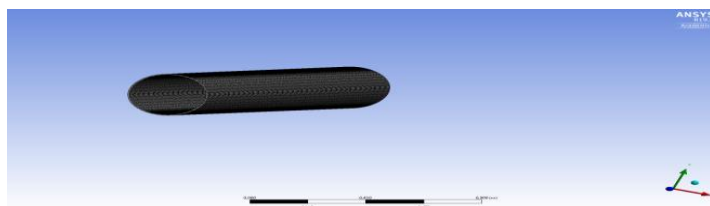
Поэтому для обеспечения круглогодичного твердомерзлого состояния многолетнемерзлых грунтов, что требует СП 25.13330.2012, и уменьшения зоны оттаивания мерзлого грунта следует применять охлаждающие установки и теплоизолирующие экраны [1,4].

Однако, как показывает практика, даже внедрение самых современных технологий строительства не всегда защищает от рисков спровоцированных вечной мерзлотой. Так, в 2011 году около 40-50 инцидентов различного масштаба, происходивших на магистральных трубопроводах в России, 80 % – инциденты, происходившие на мерзлоте.

В ходе выполнения исследования НДС трубопровода была создана ее конечно-элементная модель (StaticStructural) в ANSYS 19.0 с соответствующими размерами и параметрами стали (К56). Также для модели трубы была создана конечно-элементная сетка.



*Рис. 1 Модель трубопровода*



*Рис. 2 Конечно-элементная сетка модели трубопровода*

Задаем граничные условия для данной модели: производим закрепление трубы по торцам, накладываем внутреннее давление 9,0 МПа и накладываем нагрузку веса грунта. Получили следующие результаты:

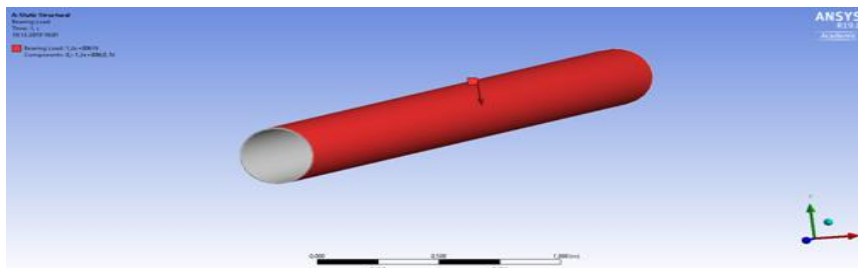


Рис. 3 Граничные условия

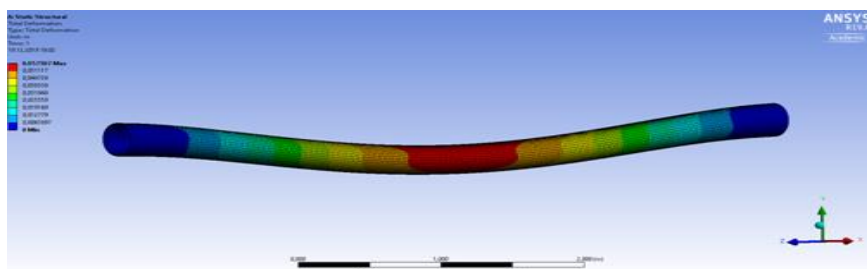


Рис. 4 Общая деформация модели

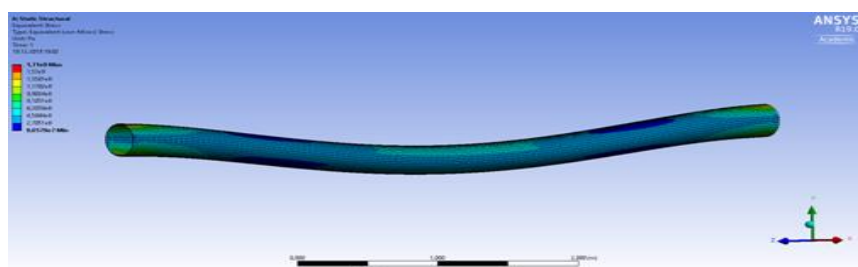


Рис. 5 Эквивалентные напряжения по Мизесу

Здесь мы можем видеть, как наибольшие напряжения сконцентрировались на торцах трубопровода, т.е. в местах закрепления. Большие напряжения также можно заметить на боковой части трубы и на остальной части тела трубы, вследствие давления веса грунта.

Выводы.

Было проанализировано взаимодействие опорных конструкций трубопровода с многолетнемерзлыми грунтами.

Проблематика трубопроводного транспорта в условиях Крайнего Севера.

Был произведен расчёт НДС. Для этого применили модель трубы и задали ей соответствующие параметры. Как видно из результатов, образовалась просадка в центре трубопровода с максимальным значением 0,05 мм и максимальным напряжением 17 МПа. Пластической деформации нет. Соответственно, если убрать данную нагрузку на трубопровод, то упругих деформаций тоже не будет.

#### Литература

1. Лисин Ю.В. Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Справочное пособие. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2017. – Т.2.– 519 с.
2. Лурье М.В., Мастобаев Б.Н., Равель-Муроз П.А., Сощенко А.Е. Проектирование и эксплуатация нефтегазопроводов: Учебник для нефтегазовых вузов. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2019. – 434 с.
3. СП 36.13330–2012. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85 (с Изменениями № 1, 2. – М.: Госстрой ФАУ ФЦС, 2013. – 78 с.
4. СП 25.13330–2012. Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88 (с Изменениями N 1, 2, 3). – 2012. – 123 с.
5. Burkov P., Yan'nan V., Burkova S. Stress-strain analysis of pipelines laid in permafrost // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2016. – V. 43. – №. 1. – P. 012080.