

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу **Филимонова Андрея Алексеевича** на тему
«Методика прогноза деформирования оснований подземных трубопроводов в криолитозоне»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

Актуальность темы диссертации.

Трубопроводный транспорт энергоресурсов играет для нашей страны ключевую роль так как расположение основных нефтегазоносных провинций находится вдали от конечного потребителя и вдали от морских путей сообщения. Большая часть разрабатываемых сегодня месторождений находится на территории криолитозоны, что предопределяет прокладку трубопроводов по многолетнемерзлым грунтам.

Опыт эксплуатации трубопроводов в криолитозоне, а именно необходимость выполнения ремонтных работ и противодеформационных мероприятий на участках распространения многолетнемерзлых грунтов, показывает, что несмотря на переход от аналитических расчетов теплового взаимодействия трубопроводов с многолетнемерзлыми грунтами основания к численному, позволяющим учесть большее количество факторов (сложный геологический разрез, разные условия теплообмена на поверхности, использование термостабилизаторов и др.), мы все еще имеем ряд нерешенных вопросов, одним из которых является методика выполнения теплового прогноза, который в случае строительства на мерзлых грунтах практически полностью определяет деформацию трубопровода.

Тема диссертационного исследования соответствует научной специальности 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение (пункты 3, 11 и 12 паспорта специальности).

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

В первой главе автор приводит краткую справку о способах устройства и тепловом взаимодействии подземных трубопроводов с вмещающими грунтами, рассматривает предшествующий опыт выполнения теплотехнических расчетов и приводит подробный анализ действующей нормативной документации, содержащей требования к проектированию и мониторингу трубопроводов в криолитозоне, из чего сформулированы основные направления научной работы – совершенствование методики теплотехнических расчетов и системы геотехнического мониторинга.

Во второй главе автор изложил методику тепловых расчетов, рассмотрел проблему недостатка исходных данных по температурному распределению и на основе реальных участков газопровода в Иркутской области привел сравнение результатов моделирования при разных размерах расчетной области и при разных способах заполнения модели температурными данными. Выполнена верификация тепловых расчетов по данным температурных наблюдений на реальном объекте.

Третья глава посвящена геотехническому мониторингу применительно к магистральным трубопроводам. Автор отмечает несовершенство нормативной базы и технологии выполнения мониторинга. Также показана необходимость формирования объема мониторинговых наблюдений на основе предварительных расчетов, что в перспективе позволит осуществлять

сгущение наблюдательной сети на этапе проектирования трубопровода, а не по достижению критических деформаций или отказов трубопровода. Показана экономическая целесообразность использования ГНСС оборудования при измерении вертикальных деформаций трубопровода.

В четвертой главе рассмотрены защитные мероприятия для поземных трубопроводов, систематизировано и проанализировано более 80 индивидуальных участков на территориях Иркутской области и ЯНАО. На основе полученной таблицы выполнен многофакторный корреляционно-регрессивный анализ, подтвердивший основные взаимосвязи между параметрами трубопровода и природной среды, приводящими к высоким значениям осадок трубопровода. На основе выполненного анализа составлено прогнозное уравнение оттаивания ММГ под трубопроводом для экспресс-оценки эффективности разных защитных мероприятий для подземного трубопровода.

В заключении автор резюмирует все основные выводы сделанные в основном тексте диссертации.

Достоверность и новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Достоверность результатов обусловлена методическим подходом – расчетное моделирование с использованием известного математического аппарата. Методический подход к формированию математической модели верифицирован на примере реально существующих объектов. Новизна работы заключается в предложении формирования объема мониторинговых работ на основе результатов прогноза и в предложенном прогнозном уравнении для оценки эффективности противодеформационных мероприятий.

Значение полученных результатов для науки и практики.

С точки зрения науки – выполнен еще один шаг в сторону формирования представления о методике теплового моделирования применительно к природно-технической системе «трубопровод-ММГ-атмосфера». Часто в теплотехнических расчетах пренебрегают размерами расчетной области – в настоящей работе показан один из случаев, когда недостаточная глубина расчетной области влияет на результат.

С точки же зрения практики – некоторые результаты данной диссертации уже «взяты на вооружение» одной из основных нефтегазовых компаний Российской Федерации, что однозначно свидетельствует о высокой практической значимости данной работы.

Соответствие опубликованных трудов и автореферата содержанию диссертации.

По теме диссертации автором опубликовано в 8 печатных работах, 4 из которых опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Опубликованные статьи в полной мере отражают основные положения, выносимые на защиту. Содержание автореферата также соответствует содержанию диссертации.

Оценка содержания диссертации, степени ее завершенности, качества оформления.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, заключения, библиографического списка и двух приложений. Общий объем работы – 215 страниц, включает 81 рисунок и 21 таблицу. Структура диссертации логична, изложение материала последовательно и не вызывает затруднений при чтении. К оформлению замечаний нет.

Вопросы и замечания к диссертационной работе.

В главе 2 выполнено моделирование температурного поля с использованием разного ПО, что, на мой взгляд, в данной работе было лишним – полученные различия в результатах обусловлены не разницей в математическом аппарате или в скрытых ошибках ПО, а в наполнении моделей как геологией, так и температурным полем. Здесь же возникает вопрос к рисунку 2.16 – не связаны ли такие различия в осадке трубопровода в ПО БОРЕЙ, где температурное поле задается вертикальными границами (что чаще всего будет больше похоже на природную ситуацию, где геокриологические границы субвертикальны) и интерполяцией температуры в ПО Frost3D? И почему в работе предпочтение отдано именно линейной интерполяции вдоль профиля.

Также в главе 2 совершенно не рассмотрено граничное условие на дневной поверхности (верхняя граница расчетной области), хотя именно это условие определяет начальный температурный режим и, вообще говоря от него нужно двигаться при заполнении температурного поля модели. По тексту приводятся значения температуры воздуха, но коэффициентов теплообмена нет. Понимаю, что определение и калибровка верхних граничных условий, да еще и для линейного объекта – это запрос на отдельное диссертационное исследование, тем не менее, в начале работы автор указывает на важность учета геокриологической изменчивости вдоль трассы, а в теле работы полностью этот вопрос игнорирует.

Следующий вопрос, который рассматривается в блоке по тепловому моделированию – это задание граничного условия на нижней границе расчетной области. И хотя этот вопрос не считается решенным (общепринятой методики нет, каждый исследователь самостоятельно обосновывает тот или иной подход), тем не менее следует отметить, что задание условия 1 рода на нижней границе расчетной области должно быть привязано не к глубине нулевых годовых амплитуд, а к глубине теплового эффекта от моделируемого объекта к концу срока расчета – ведь если ореол оттаивания приблизится к нижней границе расчетной области, граничное условие начнет искусственно охлаждать и мощность этого охлаждения будет подбираться математическим аппаратом таким образом, чтобы нижний блок обладал заданной температурой, что обусловлено не геологическими процессами, а лишь ограничением размеров расчетной области. То же самое можно сказать про граничное условие второго рода – его нужно задавать на достаточно большой глубине, вне зоны теплового влияния трубопровода иначе при изменении температуры нижних блоков модели теплу будет некуда деваться и расчетная область будет интенсивно нагреваться, а в природе это дополнительное тепло будет отбираться нижележащими слоями. Собственно вопрос о размерах расчетной области должен решаться именно путем оценки теплового влияния моделируемого объекта и правило «чем больше, тем лучше» автор подтвердил.

В третьей главе для обоснования необходимости сгущения сети точек наблюдения (до 10-30 метров между точками) за осадкой трубопровода следовало дать расчет трубопровода на изгиб в зависимости от длины участка с просадкой для используемых сегодня диаметров труб магистральных трубопроводов, возможно окажется, что даже с учетом веса грунта, труба достаточно жесткая, чтобы «висеть» над просадочным участком длиной 10-30 метров (в подглаве 3.4 об этом автор пишет, но расчета не приводит).

Заключение.

Любая большая работа не лишена своих недостатков, некоторую часть из них я описал выше и, надеюсь, они мои замечания найдут отражение в дальнейшей работе автора. Общее впечатление о работе весьма положительное – видно, что автор достаточно плотно занимается тематикой трубопроводного строительства в криолитозоне, хорошо видит существующие недостатки в нормативной документации и направил свои усилия на унификацию работ, по мониторингу и прогнозу теплового и механического взаимодействия трубопровода с вмещающими грунтами, подкрепив свои усилия верификацией по натурным данным.

Диссертация «Методика прогноза деформирования оснований подземных трубопроводов в криолитозоне», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение, соответствует паспорту специальности и требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (ред. от 26.09.2022), а ее автор – Филимонов Андрей Алексеевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук
по специальности 1.6.7. Инженерная геология,
мерзлотоведение и грунтоведение,
доцент кафедры геокриологии, геологический факультет
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
119234, Москва, Ленинские горы, д. 1, Геологический факультет
8(495)9391728, gunar_91@mail.ru

Гунар Алексей Юрьевич

Подпись

заверяю

А. Ю. Филимонов

М.Г. Вебер

геокриологии

Я, Гунар Алексей Юрьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.