

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ОПОР ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ В РАЙОНАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

*Н.Б. Кутвицкая, М.А. Магомедгаджиева, А.В. Рязанов
ОАО «Фундаментпроект»*

Проблемы проектирования фундаментов трасс линейных сооружений в районах распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ) определяются, в первую очередь, особенностями инженерно-геокриологических условий (ИГУ). Мерзлые грунты являются температурно-нестабильными, динамичными во времени образованиями, характеризующимися специфическими свойствами: реологическими, просадочными, пучинистыми и т. д. В зависимости от комплекса природных факторов, формирующих геокриологические условия, грунты могут находиться в многолетне- и сезонномерзлом, сезонноталом, талом и переохлажденном состояниях, а следовательно, обладать различными прочностными и деформационными характеристиками.

Такая специфика условий строительства предъявляет, во-первых, повышенные требования к детальности и достоверности инженерно-геологических изысканий, а во-вторых, не позволяет использовать унифицированные технические решения оснований и фундаментов, требуя индивидуально-го подхода.

В ОАО «Фундаментпроект» разработан индивидуальный подход к объектам, который базируется на единой методологии, включающей: детальные инженерно-геокриологические изыскания → комплексное проектирование фундаментов и способов стабилизации грунтов оснований → авторский надзор и научно-техническое сопровождение строительства → геотехнический мониторинг и управление состоянием оснований и фундаментов в процессе строительства и эксплуатации, а также охрану окружающей среды.

При проектировании фундаментов линейных сооружений имеют место и такие особенности, как:

- прохождение трасс на участках с различными инженерно-геокриологическими условиями, в том числе на границе талых и мерзлых грунтов, на просадочных и непросадочных грунтах;
- пересечение трассой водных препятствий, где надо учитывать и гидрологический режим самих водоемов;
- пересечение трассой других линейных сооружений, в том числе железных и автомобильных дорог;
- проявление по трассе негативных мерзлотных процессов: бугры пучения, термокарст, наледи, оползни, солифлюкция, оттаивание пластовых и повторно жильных льдов;
- обязательное требование по сохранению водно-теплового баланса и обеспечению стока поверхностных и надмерзлотных вод;
- разработка специальных мероприятий по инженерной защите и геотехническому мониторингу.

При эксплуатации опор ЛЭП, трубопроводов надземной прокладки в районах распространения ММГ наблюдаются деформации морозного пучения опор, повышение температур грунтов вследствие снеготаносов и теплопередачи по сваям.

При подземной прокладке трубопроводов с положительными температурами продукта образуются ореолы оттаивания вокруг трубы, вследствие чего происходит осадка грунтов основания и деформация конструкции трубопровода. Кроме того, при оттаивании мерзлых грунтов и при наличии льда и высокольдистых грунтов происходит осад-

ка дневной поверхности, формируются такие негативные процессы, как заболачивание и термокарст.

При подземной прокладке холодного трубопровода на талом основании (на ММГ несליвающегося типа) вокруг трубы образуется ореол промерзания, что приводит к возникновению нормальных сил морозного пучения и деформации трубопровода.

Наиболее эффективными мероприятиями в районах распространения ММГ по обеспечению устойчивости опор ЛЭП и трубопроводов надземной прокладки является регулирование температурного режима грунтов, заключающееся в понижении температур высокотемпературных мерзлых и в промораживании талых грунтов с помощью охлаждающих устройств сезонного и круглогодичного действия. Для линейных сооружений наиболее эффективными являются парожидкостные термостабилизаторы различных типов, в том числе подающие холод в необходимую зону грунтового массива (ТАНД). Для усиления действия термостабилизаторов, уменьшения слоя сезонного оттаивания и для предотвращения оттаивания при наличии в разрезе пластового льда или ледогрунтов в дополнение к установке термостабилизаторов целесообразно укладывать и теплозащитный экран (ТЗЭ).

Уменьшение ореолов оттаивания магистральных трубопроводов подземной прокладки до значений,

при которых обеспечиваются допустимые деформации трубопроводов, достигается с помощью сочетания круговой теплоизоляции, теплозащитного экрана, уложенного в траншею и определенных типов термостабилизаторов ТАНД.

Ореол промерзания вокруг холодного трубопровода уменьшается с помощью круговой теплоизоляции, в качестве технического решения по обеспечению проектного положения трубопроводов при воздействии сил морозного пучения может быть использовано анкерное устройство.

В качестве примера рассмотрим участок перехода трубопроводов через речное русло.

На рассматриваемом участке предусмотрено сооружение двух ниток нефтепровода диаметром 720 мм в защитном кожухе диаметре 1220 мм, протяженностью 717 м и двух ниток высоконапорного водовода диаметром 426 мм в защитном кожухе диаметром 820 мм и протяженностью 601 м. Трубопроводы устанавливаются в проектное положение методом наклонно-направленного бурения.

Основание трубопроводов сложено ММГ сливающегося и несливающегося типов с погружением кровли ММГ до 20,0 м и более. На правом берегу трубопровод прокладывается на стыке **талых, мерзлых, талых грунтов** (рис. 1). Мерзлые грунты представлены льдистыми песками и суглинками, которые являются сильнопросадочными при оттаивании.

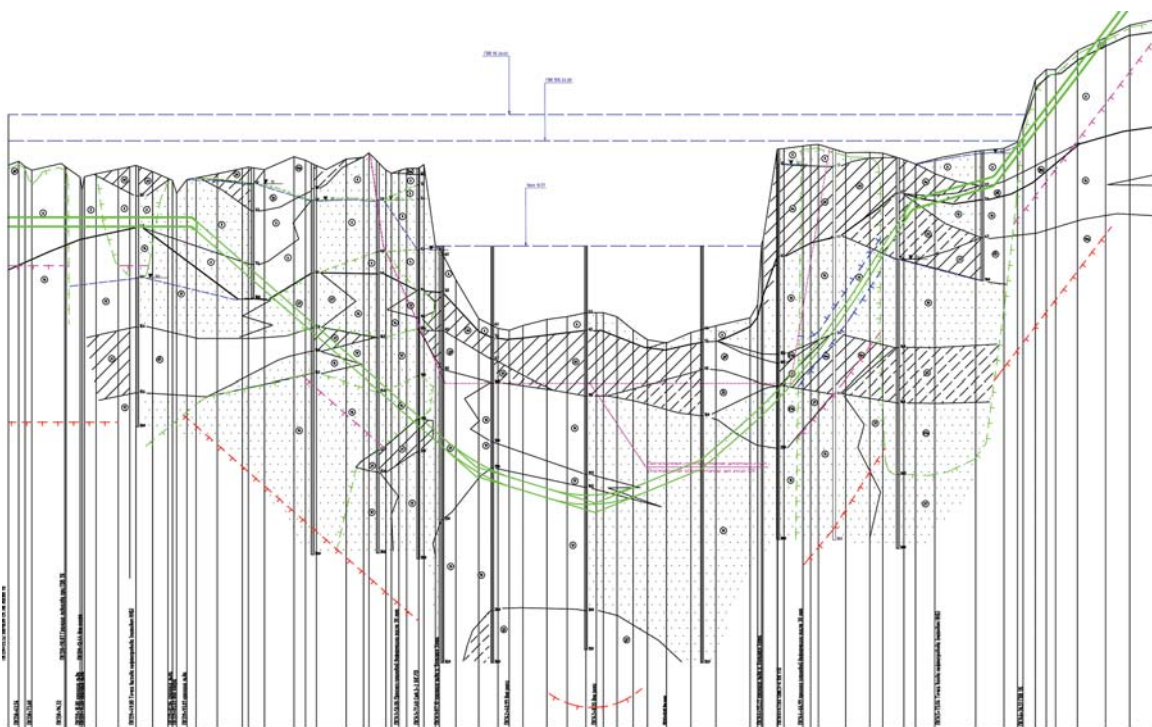


Рис. 1

■ КОНСТРУКЦИИ ОПОР

По результатам прогнозных теплотехнических расчетов по специальной программе численного моделирования в течение эксплуатационного периода под влиянием положительных температур транспортируемого продукта (+20 °С вокруг трубопроводов происходит оттаивание ММГ и неравномерная осадка по длине трубопровода. Многолетнее оттаивание под нижней образующей трубопроводов составляет 13,5...14,5 м под нефтепроводом и 12,0...13,0 м под водоводом. Начальное состояние (рис. 2) и сформированный за 30 лет эксплуатации ореол оттаивания вокруг нефтепровода (рис. 3) представлены в виде температурных полей. При таком оттаивании возникают недопустимые деформации осадки — выше 2,4 м. Кроме того, оттаивание мерзлых грунтов приведет к тому, что трубопровод окажется защемленным в талых грунтах с обеих сторон.

Разработанное и обоснованное прогнозными теплотехническими, деформационными и прочностными (трубопроводы) расчетами техническое решение, состоящее в комплексном применении кольцевой теплоизоляции и термостабилизаторов направленного действия, позволило обеспечить устойчивость трубопроводов на весь период эксплуатации.

Техническое решение (рис. 4, 5) включает устройство опорных элементов из охлаждающих устройств,

расставленных вдоль трасс трубопроводов с определенным шагом, формирующие в основании трубопроводов льдогрунтовые опоры. По итогам теплотехнических расчетов опорные элементы расставляются вдоль трасс нефтепроводов с шагом 3,0 м и для водоводов с шагом 4 м. В качестве охлаждающих устройств использованы термостабилизаторы анкерного направленного действия типа ТАНД, которые обеспечивают подачу хладоагентов непосредственно под нижние образующие труб. Для обеспечения мерзлого состояния вышележащих грунтов в целях предотвращения их осадок и, соответственно, деформаций поверхности, применены короткие термостабилизаторы типа ТАНД. Данное техническое решение (рис. 6) обеспечивает стабилизацию положения трубопроводов на проектных отметках (предотвращает оттаивание и осадку) в течение всего периода эксплуатации. Для защиты термостабилизаторов от повреждения ледоходом на стабилизирующих участках предусмотрено возведение насыпи.

Геокриологические условия трассы ВЛ 110 кВ, рассмотренной в качестве следующего примера, характеризуются сплошным распространением ММГ сливающегося типа. ММГ представлены в основном глинистыми грунтами. Лыдность грунтов из-

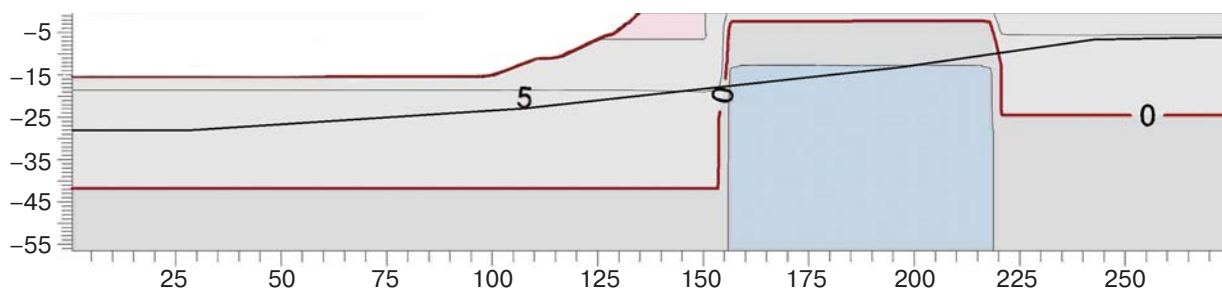


Рис. 2

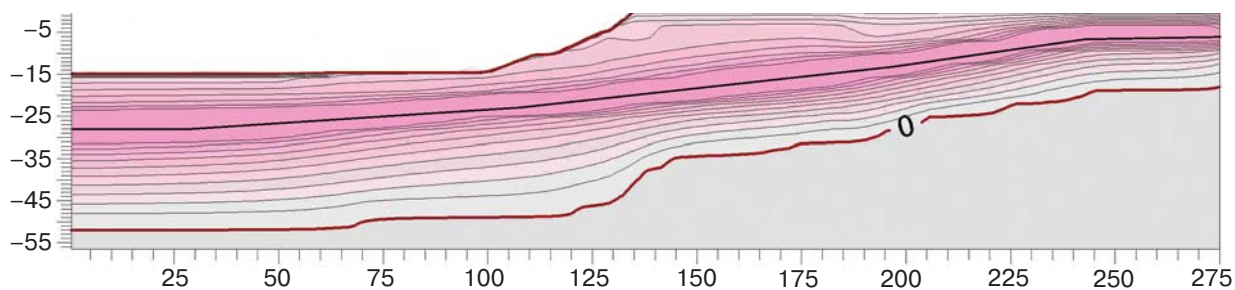
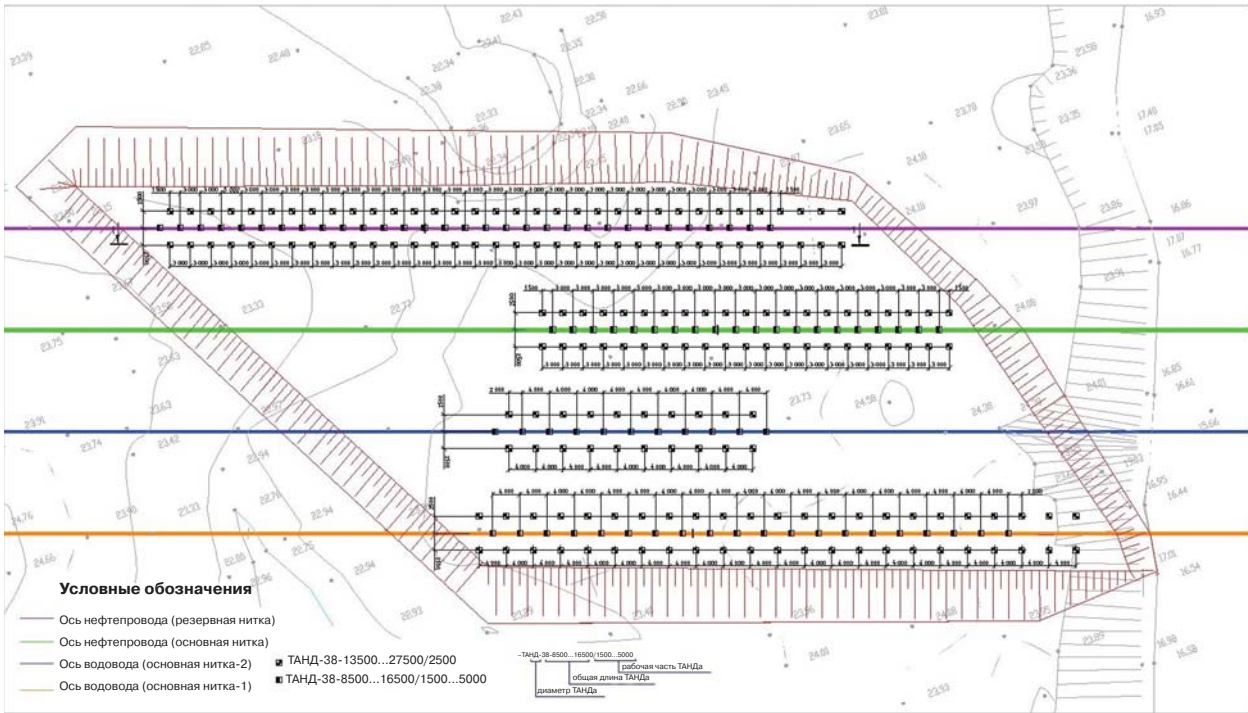


Рис. 3



1-1

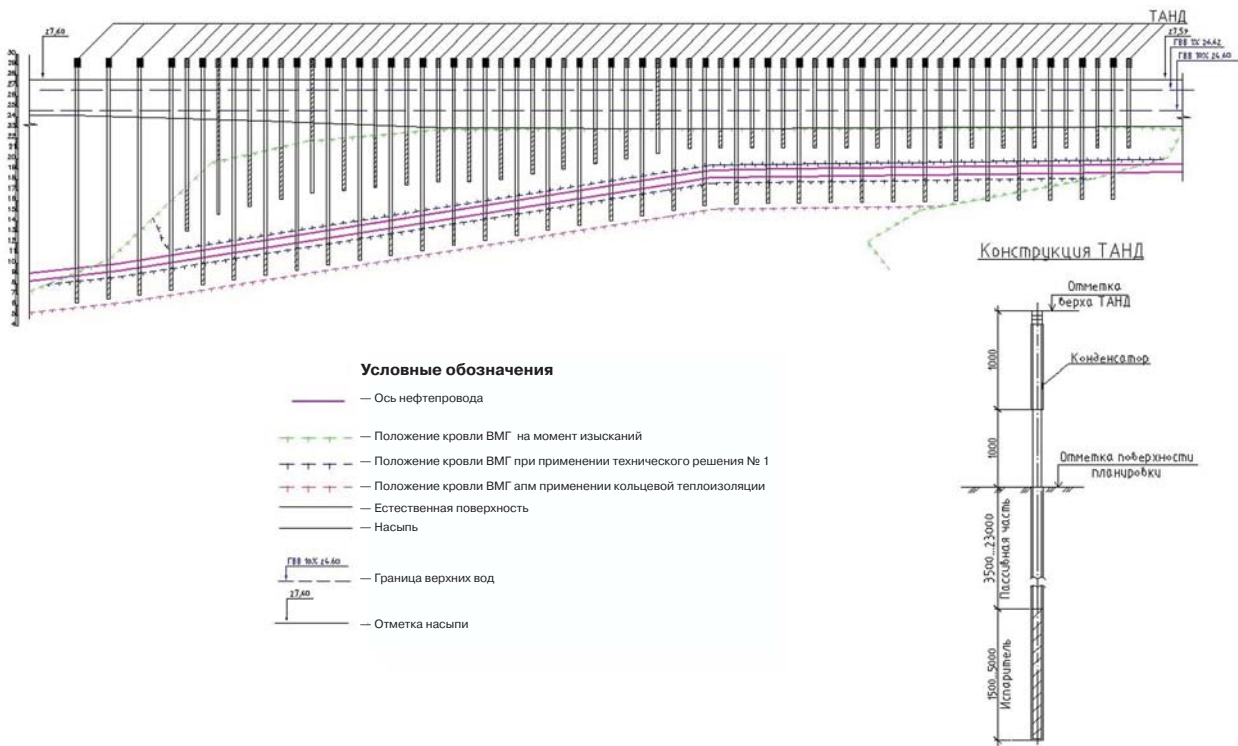


Рис. 5

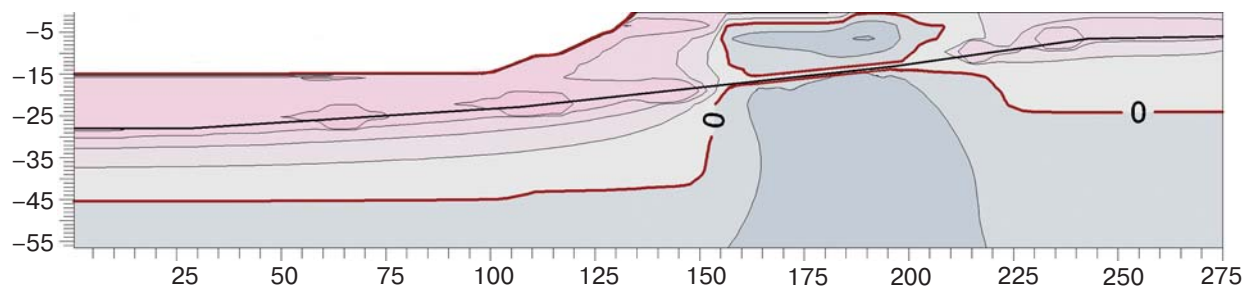


Рис. 6

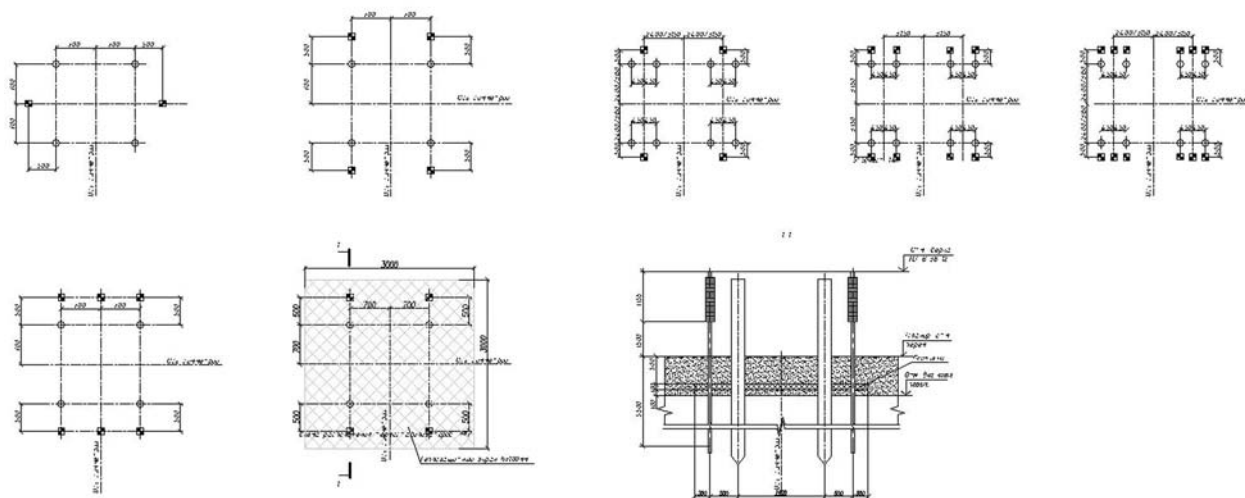


Рис. 7

меняется от 0,05 до 0,7, местами вскрыты прослои и линзы льда мощностью от 2,0 до 12,7 м. По степени засоленности, согласно данным химических анализов водных вытяжек, морские отложения варьируют от слабозасоленных ($D_s = 0,05\%$) до сильнозасоленных ($D_s = 1,36\%$). Температура грунтов на глубине нулевых годовых амплитуд, равной 10,0 м, изменяется от минус 0,5 до минус 5,0 °С.

По результатам прогнозных теплотехнических и деформационных расчетов, а также расчетов несущей способности свайных опор определена необходимость применения мероприятий по термостабилизации грунтов. В зависимости от типа опор, типа инженерно-геокриологического разреза и нагрузок на сваи при необходимости разработаны схемы расположения термостабилизаторов и укладки теплозащитного экрана (рис. 7).

В областях распространения ММГ надземные опоры линейных сооружений могут прокладываться в

любых самых сложных инженерно-геокриологических условиях. В зависимости от типа опор, инженерно-геокриологических условий и нагрузок на сваи по результатам теплотехнических расчетов может быть определена необходимость применения и при необходимости всегда может быть разработан комплекс инженерных мероприятий, обеспечивающих устойчивость опор линейных сооружений.

Подземную прокладку горячего трубопровода рекомендуется выполнять на талых грунтах и на ММГ неслюющего типа, а прокладка холодных трубопроводов на этих грунтах не желательна.

На сегодняшний день уровень знаний и накопленный опыт позволяют осуществить любой способ прокладки трубопроводов в любых условиях. Целесообразность выбора способа прокладки заключается лишь в затратах средств и труда на строительство трубопроводов и его последующую эксплуатацию.