УДК 622. 692. 23(07)

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ ПРИ МАГИСТРАЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ

OZENKA SOSTOYANIA VECHNOMERZLYUH GRUNTOV PRI MAGISTRALNOM TRANSPORTE NEVTEPRODUKTOV

Глухов Алексей Анатольевич
ведущий инженер,
ООО «Ямалгазинвест»

Вишневская Надежда Семёновна
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры ПЭМГ,
Ухтинский государственный
технический университет
navishnevskaya@ugtu.net

Аннотация. Надежность транспорта во многом зависит от климатических условий трассы и способа прокладки нефтепровода. Для подземных трубопроводов стационарный тепловой и гидравлический режимы транспорта определяются свойствами нефтепродукта и тепловым взаимодействием трубопровода с грунтом. Степень неопределенности прогноза состояния грунта вблизи трубопровода в период проектирования можно оценить на основе принятых проектных параметров грунта на различных участках трубопровода.

Ключевые слова: магистральный транспорт, вечномерзлые грунты, тепловой режим грунта, тепловая изоляция, подземная прокладка, просадочность (не просадочность, малопросадочность) грунта, термокарст, криогенные процессы, морозное пучение, протаивание грунта (равномерное и неравномерное), льдонасыщенные грунты, теплообмен, теплопроводность.

Glukhov Alexey Anatolyevich
Leading engineer,
LLC Yamalgazinvest

Vishnevskaya Nadezhda Semyonovna
Candidate of technical sciences,
Associate professor,
Associate professor of PEMG,
Ukhta state technical university
navishnevskaya@ugtu.net

Annotation. The reliability of transport depends largely on the climatic conditions of the route and the way the pipeline is laid. For underground pipelines, the stationary thermal and hydraulic modes of transport are determined by the properties of the oil product and the thermal interaction of the pipeline with the soil. The degree of uncertainty in the forecast of the state of the ground near the pipeline during the design period can be estimated on the basis of the accepted design parameters of the soil at various sections of the pipeline.

Keywords: mainland transport, permafrost, thermal regime of the ground, thermal insulation, underground laying, subsidence (nonsedimentation, lack of subsidence) of soil, thermokarst, cryogenic processes, frost punching, thawing (uniform and uneven), Ice-saturated soils, heat transfer, thermal conductivity.

Трубопроводный транспорт был и остается на сегодняшний день наиболее распространенным видом транспорта нефти и нефтепродуктов. Надежность транспорта во многом зависит от климатических условий трассы и способа прокладки нефтепровода.

Традиционным способом прокладки трубопроводов является подземная прокладка. Для подземных трубопроводов стационарный тепловой и гидравлический режимы транспорта определяются свойствами нефтепродукта и тепловым взаимодействием трубопровода с грунтом. Вопросам теплового взаимодействия нефтепровода с грунтом уделялось большое внимание [2].

Прогнозирование теплового взаимодействия трубопровода с вечномерзлым грунтом – наиболее сложная проблема при проектировании нефтепроводов. При этом важность получения надежных оценок процессов изменения несущей способности грунта трудно переоценить, так как они во многом определяют правильность принятия проектных решений. При решении задач прогноза, как правило, рассматривают задачу Стефана с движущейся границей протаивания. При этом предполагают, что теплообмен в грунте определяется теплопроводностью [2].

Степень неопределенности прогноза состояния грунта вблизи трубопровода в период проектирования можно оценить на основе принятых проектных параметров грунта на различных участках трубопровода и фактических значений этих параметров. Интегральный показатель неопределенности прогноза состояния грунта вблизи трубопровода – коэффициент теплопередачи от трубопровода в окружающую среду.

Наиболее сложные климатические условия трубопроводного транспорта нефти – условия севера. Возникающие при этом осложнения определяются рядом факторов, основными из которых являются низкие температуры и наличие вечной мерзлоты. Поэтому в этих условиях часто приходится отказываться от испытанных традиционных схем сооружения и эксплуатации нефтепроводов. Разработка нетрадиционных проектов трубопроводного транспорта нефти требует более тщательной подготовительной работы, направленной на прогнозирование осложнений при эксплуатации нефтепровода и разработку методов их устранения.

В настоящее время используют три основных конструктивных схемы прокладки трубопроводов: подземную, наземную и надземную. Применимость той или иной схемы прокладки нефтепровода определяется конкретными условиями, а именно свойствами вечномерзлых грунтов и изменениями теплового режима грунта.

В зависимости от теплового воздействия трубопровода на грунт Гипроспецгазом предложена классификация, согласно которой участки трубопроводов делятся на горячие, теплые и холодные в зависимости от поведения температуры грунта вблизи трубопровода.

Под горячим понимают участок, температура которого в течение всего года выше 0 ºС; под теплым – участок, средняя температура которого ниже 0 ºС, но в некоторые периоды превышает 0 ºС; под холодным – участок, температура которого ниже 0 ºС в течение всего времени года [3].

Основной характеристикой грунтов, определяющей выбор схемы прокладки, является характеристика по просадочности грунта при оттаивании. По данному признаку грунты можно разделить на категории:

I – непросадочные, дающие незначительную равномерную осадку;

II – малопросадочные, дающие равномерную осадку до 10 % от мощности оттаявшего слоя;

III – льдонасыщенные, дающие неравномерную осадку 10–40 % от мощности оттаявшего слоя;

IV – грунты, содержащие крупные включения подземного льда и образующие термокарсты и провалы.

В соответствии с категорией грунтов, по которым проходят участки трубопровода, последние можно разделить на три типа: 1 – нормальный (грунт категории I); 2 – сложный (грунт категории II); 3 – особо сложный (грунты категории III и IV) [1].

На участках нормального типа и холодных участках сложного типа допустимы все типы прокладки трубопровода, включая традиционную подземную. На горячих участках сложного типа и участках особо сложного типа рекомендуется надземная прокладка трубопроводов, на теплых участках сложного типа наряду с надземной прокладкой допустима наземная прокладка на теплоизоляционной подушке.

Для нефтепроводов подземная прокладка всегда предпочтительнее, чем надземная, так как сооружение надземных трубопроводов дороже, а кроме того, существенно возрастают эксплуатационные расходы на подогрев нефти. Поэтому на всех участках, допускающих подземную прокладку, выбирают именно этот вариант.

Следует отметить, что для грунтов категории II выбор способа прокладки во многом зависит от характеристик перекачиваемой нефти, технологии перекачки и применения тепловой изоляции. Применение тепловой изоляции, а также снижение максимальной температуры нефти могут существенно расширить область применения подземной прокладки. При этом особое значение имеют проблемы прогноза теплового режима грунта после прокладки нефтепровода, а также возможных осложнений, связанных с мерзлотными процессами [1].

Наиболее разрушительными явлениями, связанными с криогенными процессами, являются потеря несущей способности вследствие разуплотнения грунтов при оттаивании и морозовое пучение. Последнее связано с двумя процессами: увеличение объема поровой воды при замерзании и вытеснение поровой воды при продвижении фронта замерзания. Основная часть пучений грунтов, чувствительных к морозу, связана с образованием линз льда в плоскости, параллельной плоскости промерзания. Пучение во многом определяется гидравлической проницаемостью грунта. Оно приводит к локальному поднятию участка поверхности почвы. Пучение наиболее опасно для надземной прокладки трубопроводов, так как может привести к разрушению опор трубопровода. Обратное явление наблюдается при оттаивании грунта. В результате происходит потеря несущей способности грунта. Для трубопроводов наиболее опасным является неравномерное протаивание грунта. Причем не равномерное протаивание опасно как для подземных, так и для надземных нефтепроводов. В связи с этим для надземных нефтепроводов целесообразно применять методы стабилизации температурного режима вблизи свайных оснований. Для подземных нефтепроводов может представлять опасность также равномерное протаивание [3].

При выборе способа прокладки нефтепровода особое значение имеет прогнозирование состояния грунта вблизи нефтепровода. Отметим, что вдоль трассы нефтепроводов, как правило, встречаются участки различного типа. Поэтому для условий севера наиболее рациональной является комбинированная прокладка нефтепровода с чередованием надземных и подземных участков [2].

Следует отметить, что для многих сортов нефти и нефтепродуктов температура грунта на глубине залегания трубопровода выше температуры застывания. Для надземных участков трубопроводов положение противоположное. Для многих сортов нефти и нефтепродуктов минимальная температура воздуха ниже температуры застывания. Поэтому вопросы обеспечения надежности транспорта нефти в зимнее время приобретают особое значение. В частности, при надземной прокладке трубопроводов в большинстве случаев требуется тепловая изоляция.

Литература:

1. Трубопроводный транспорт нефти и газа / Р.А. Алиев, В.Д. Белоусов, А.Г. Немудров и др. – М. : Недра, 1988. – 368 с.
2. Строительство трубопроводов на болотах и многолетнемёрзлых грунтах / А.К. Дерцакян, Н.П. Васильев – М. : Недра, 1978. – 165 с.
3. Трубопроводы в сложных условиях / П.П. Бородавкин, В.Д. Таран – М. : Недра, 1987.

References:

1. Pipeline transport of oil and gas / R.A. Aliyev, V.D. Belousov, A.G. Nemudrov, etc. – M. : Nedra, 1988. – 368 p.
2. Construction of pipelines on swamps and the permafrost of soil / A.K. Dertsakyan, N.P. Vasylev – M. : Nedra, 1978. – 165 p.
3. Pipelines in difficult conditions / P.P. Borodavkin, V.D. Taran – M. : Nedra, 1987.