

Изучение развития истории газоснабжения и методов повышения устойчивости северных газопроводов.

Бережной Евгений, Сиротенко Максим МГ-02,
руководитель Аладьина Галина Владимировна
Таганрогский Филиал ГБСПО РО
«Донской строительный колледж»
Таганрог, Россия
Исследовательская работа клуба «Эколог»

The study of the history of gas and methods for increasing the stability of the northern gas pipeline.

Berezhnaya Eugene, Sirotenko Maxim MG-02,
Head Aladin Galina
Taganrog Branch PO GBSP
"Don Construction College"
Taganrog, Russia
Research Club "Ecolog"

Изучение развития истории газоснабжения и методов повышения устойчивости северных газопроводов.

Цель: *Изучить проблему обеспечения устойчивости северных газопроводов в сложных климатических и геокриологических условиях данных регионов*

Аннотация.

Около половины территории Российской Федерации — районы вечной мерзлоты, в которых содержание льда в промерзлых грунтах достигает 90%. В основном это Восточная Сибирь и Забайкалье. Для перекачки возрастающих объемов газа необходимо сооружать новые магистральные газопроводы (МГ) в сложных климатических и геокриологических условиях данных регионов. Проблема обеспечения устойчивости северных газопроводов полностью в настоящее время не решена. При эксплуатации подземных нефтепроводов, проложенных в криолитозоне, главную опасность представляет формирование вокруг них ореолов оттаивания грунта. Крупные включения подземного льда при оттаивании дают термокарстовые провалы и просадку грунта. Без необходимых инженерных мероприятий это приводит к повреждению трубопровода и разливу нефтепродуктов. Ореол оттаивания, растущий в латеральном направлении, может быть также опасен и для объектов, находящихся рядом с трубопроводом: ЛЭП, притрассовые дороги и т.д. Это приведет к сложной экологической и хозяйственной проблеме.

При выполнении исследовательской работы была изучена история газоснабжения и технология строительства, реконструкции и научные публикации по данной теме.

История развития газоснабжения и современный магистральный газопровод

Природный газ – уникальное топливо, свойства которого стали известны человеку еще в древности. До наших дней дошли летописные свидетельства о том, как в некоторых местах «горели воздух и земля» без видимых на то причин. Ученые считают, что именно так могли проявлять себя газовые месторождения. Возгораясь от случайного источника, например, от удара молнии, они порождали у людей веру во внеземное или божественное происхождение исходящего из-под земли огня. Огонь как животворная сила издавна почитался людьми. На Востоке более тысячи лет назад существовал культ поклонников огня, которые научились использовать в своих целях природные источники подземного газа. В то время еще не была изобретена сложная трубопроводная арматура, однако газ использовался огнепоклонниками в различных целях. Им освещались святилища и храмы, обогревались жилища. Газовые месторождения могли служить даже для приготовления еды и проведения ремесленных работ. Однако технические достижения древности не получили распространения в Европе, где широкое применение газа началось значительно позднее.



Использование газа в Европе ведет отсчет с уличного освещения. Если до XVII века в качестве источников света применялись факелы, то XVII век принес новый вид осветительных приборов – *уличные масляные фонари*. В России такое освещение появилось во времена царствования Петра I, по указу которого городские улицы стали освещаться фонарями, залитыми конопляным маслом – «конопляниками». В 1799 году французский инженер Лебон выдвинул на рассмотрение Правительства проект аппарата – «термоламп», способной освещать улицы и дома и отапливать помещения. Однако новое изобретение было осмеяно. Тогда Лебон на собственные деньги купил дом на одной из парижских улиц и обустроил в нем отопление и освещение с помощью своего изобретения. Сад и двор дома инженера освещались тысячей газовых рожков. Иллюминация «термолампой» привлекала горожан, которые толпами приходили посмотреть на невиданное чудо. В начале XIX века, в 1801 году, в мастерской и дома у Лебона побывали россияне – князья Долгоруков и Голицын, бывший в те годы посланцем во Франции. Они долго уговаривали француза уехать в Россию, чтобы там продолжить разработки газового освещения. Однако тот не согласился. После смерти Лебона развитие идеи газового освещения во Франции прекратилось, однако некоторые ученики инженера уехали в Англию, где продолжили его дело. С 1813 года газом стали освещаться улицы английских городов, а с 1819 года такое освещение пришло и в Париж. Для этого использовался искусственный газ, полученный из каменного угля. В России аналог изобретения Лебона создал ученый инженер Соболевский. Его «термоламп» предназначался для получения и использования искусственного газа. За свое изобретение инженер был награжден императором Александром I, а его «термоламп» в 1816 году был применен для освещения мастерских Пожевского завода в Пермской губернии. *Первые газовые фонари появились в России в 1819 году. Они были установлены в Санкт-Петербурге.* Идея использования газа в качестве источника освещения привела к тому, что в 1835 году было основано Санкт-Петербургское общество освещения газом. Деятельность данной организации началась со строительства в Петербурге первого газового завода, продукцией которого были, конечно, не шаровые краны, а предназначенные для уличного и домашнего освещения газовые фонари и трубы. Однако, несмотря на все усилия, газовое освещение плохо приживалось. Улицы большинства городов, в том числе Петербурга и Москвы, по-прежнему освещались масляными «конопляниками», а менее развитые города и вовсе обходились без уличного освещения. Газовый свет считался слишком дорогим и сложным в реализации проектом. Только в 1862 году газовые фонари стали заменять собой масляные уличные лампы. Применялся искусственный газ, получаемый из каменного угля. *В 1862 году появилось еще одно заслуживающее внимания изобретение – газовый аппарат Беневского, которым освещалась его школа.* Это устройство использовало газ, получаемый из нефти. Позднее газовые аппараты Беневского получили широкое развитие и стали применяться на газовых заводах Петербурга и Москвы. Начиная с 1863 года в России приступили к работе около



310 газовых заводов, расположенных в разных губерниях. В 1866 году в Москве был открыт Газовый завод, средствами которого город получил освещение и даже праздничную иллюминацию. Постепенно газовое освещение появлялось в разных городах Российской империи. Первые опыты газификации относились к обустройству освещения улиц крупных городов и не были лишены недостатков. Если сегодня для газопроводов применяются прочные и надежные [полиэтиленовые трубы](#), а поток среды надежно регулируется, в XIX веке о таком техническом совершенстве нельзя было и мечтать. Для транспорта газа использовались преимущественно медные и чугунные трубы. Давление среды в них было небольшим, поэтому в дни праздничной иллюминации уличные фонари могли не зажигаться. Тем не менее *к началу 1867 года только в Москве было проложено 90 км газопроводных сетей. Диаметры труб в них составляли от 50 до 900 мм. Улицы города освещались более чем 2 тысячами фонарей, которые, однако, не слишком хорошо горели в сильный мороз.* Через год число фонарей увеличилось на тысячу, а сеть газоснабжения для них приобрела вид кольца. ***В 1868 году Московский газовый завод был признан самым крупным газовым предприятием в Европе***

Несмотря на объемы добычи угольного газа, велись разработки и газа водяного. В 1906 году севернее поселка Дергачи было открыто месторождение углеводородного газа. В то время открытия месторождений газа, как правило, происходило совершенно случайно. Не стала исключением и Саратовская область. Саратовский купец Мельников решил пробурить артезианский колодец на своем хуторе в 40 километрах от села Дергачи. Когда глубина колодца достигла примерно ста метров, по словам очевидцев из-под земли подул «сильный ветер». Не понимая в чем дело, рабочие прекратили работу и стали обсуждать непонятное явление. Один из рабочих вздумал прикурить, чиркнул спичкой — раздался взрыв и вспыхнуло пламя. Огонь потушили с большим трудом. Сын купца, студент Рижского политехнического института, понял, что из скважины произошло выделение газа. Пробы газа, проведенные в Риге, подтвердили наличие метана.

Многие города по-прежнему использовали газовое освещение либо сочетали его с новым – электрическим. В 1910 году московские Лубянка и Сретенка впервые были освещены с применением газовых фонарей повышенного давления. В это время начались активные разработки месторождений природного газа. В 1913 году в Москве производилось около 17 млн. кубометров данного вида топлива, было проложено 460 км магистральных газопроводов, которыми пользовались примерно 9 тысяч абонентов. Однако весь газ по-прежнему был искусственного, а не природного происхождения

Революция и последовавшая за ней Гражданская война, а после годы разрухи затормозили развитие газификации страны. Однако восстановление народного хозяйства в 1920-е годы коснулось и газоснабжения. Молодая советская власть была полна решимости использовать газ. Для этого было принято решение о газодобыче из имеющихся на территории страны месторождений. В 1924 году был основан Гелиевый комитет, в задачи которого входили поиск и разработка новых месторождений. В основном добывался так называемый попутный газ, являющийся побочным продуктом добычи нефти. В 1930 году прошла Всесоюзная газовая конференция, на которой были определены стратегии развития газовой промышленности, а в 1931 году в Москве начал работу завод «Нефтегаз».

Немного позднее открылся завод «Нефтегаз № 2», а с 1933 года в стране заработало Управление газовой промышленности и искусственного жидкого топлива – Главгаз. В предвоенные годы в столице газом снабжались столовые, больницы и госпитали, жилые дома. Топливо поступало абонентам по сети газопроводов, при этом высококалорийный газ, добываемый из



нефти, смешивался с низкокалорийным искусственным. Производительность московского завода «Нефтегаз № 2» составляла 400 тыс. кубометров в сутки. Топливо транспортировалось по газопроводам небольшого диаметра – до 300 мм - на относительно небольшие расстояния. Благодаря тому, что почти все газопроводные трубы изготавливались из чугуна, они были устойчивы к коррозионным повреждениям.



Великая Отечественная война не остановила разработки газовых месторождений в СССР. Оборонные нужды требовали большого количества топлива, поэтому в 1942 году началось строительство газопровода Елшанка-Саратовская ГРЭС, а в 1943 году заработал магистральный газопровод Бугуруслан-Похвистнево-Куйбышев. Управление газовой промышленности Главгазтоппром занималось строительством газопроводов, снабжающих топливом предприятия страны. В войну и первые послевоенные годы были введены в эксплуатацию газопроводы Саратов-Москва и Войвож-Ухта. Послевоенное восстановление народного хозяйства напрямую было связано с разработками газа. Данный вид топлива считался наиболее перспективным и впоследствии произвел революционные изменения в топливно-энергетическом комплексе СССР. 50-е годы XX века ознаменовались серьезными прорывами в газовой отрасли

Новые месторождения в России и союзных республиках, курс на газификацию не только промышленного, но и жилого сектора стали определяющими направлениями деятельности газовой промышленности СССР во второй половине XX века. К началу 1950-х годов газовые трубопроводы имели диаметр до 700 мм, а длина их могла составлять до 1,5 тыс. км. Увеличение диаметра трубопроводов и протяженности магистралей позволили эффективнее применять газ в качестве топлива.

Одновременно с развитием поисковых и газоразведочных служб в России велась активная работа по модернизации трубопроводного транспорта. В это время началось строительство крупных магистральных сетей в России, а также начала формироваться единая система газопроводов.

Газ стал перекачиваться по трубопроводам диаметром до 1420 мм. *Важнейшими характеристиками газопроводных магистралей, к которым стремились советские инженеры, были дальность перекачивания, безотказная ритмичная работа, высокая пропускная способность, работа в сложных климатических условиях.* Для повсеместной газификации, которая началась в 1960-х годах, требовалась возможность прокладывать газопроводы на значительные расстояния.

Это было необходимо также для соединения мест добычи и потребления. В это время наряду со старыми чугунными трубами в строительство газопроводов начали внедрять трубы из стали, доля которых к 1960 году составила около 80 % от общего числа. Чтобы ускорить и механизировать процессы, применялась разнообразная строительная и грузоподъемная спецтехника.

Большое внимание уделялось распределению и контролю среды, для чего в середине 1970-х годов газопроводы стали оснащаться автоматизированными системами управления, способными регулировать почти все технологические процессы. Благодаря тому, что сегодня для транспорта газа применяется современное оборудование и трубопроводная арматура, стоимость перекачки снижается, а обслуживание газопровода упрощается. Сейчас газопроводы имеют значительную длину, увеличились также диаметры трубопроводов, их давление и мощность. В настоящее время транспорт газа осуществляется магистральными трубопроводами. Основную долю составляют газопроводы диаметром более 1000 мм, способные перекачивать газ на расстояние более 1000 км. Отдельные газопроводные магистрали имеют длину до 5000 км.

Строительство трубопроводов для транспорта газа даже сегодня относится к затратным видам деятельности. Для бесперебойного функционирования необходимо использование дорогостоящих деталей. Это трубы, соединения, переходы, шаровые краны, запорная и регулирующая арматура, системы автоматизированного управления и т. д. Кроме высокой стоимости материалов для строительства, трудности вызывает и сама прокладка трубопровода. Нередко газовая магистраль пролегает в районах со сложной проходимостью и рельефом, неблагоприятным климатом. Может вызывать опасение и экологическое состояние природы в районе газопроводов, особенно в случае наличия дюкеров – подводных переходов.

Транспортировка газа осуществлялась и осуществляется в настоящий момент с помощью трубопроводов нескольких видов – магистральных, местных и региональных. В районах газодобычи для соединения установок, хранилищ и объектов применяются также внутренние газопроводы

Эти линии отличаются небольшой протяженностью и предназначены для внутреннего использования. Региональные и местные газовые трубопроводы могут иметь длину в несколько тысяч километров. Ими может соединяться головная станция с нефтепромыслами или нефтебазами. Магистральные газопроводы имеют наибольшую протяженность. Диаметр труб может составлять более 1400 мм. Задача магистрального газопровода – транспортировать сырье с места разработки потребителям либо соединять разные месторождения. Магистральные трубопроводы часто имеют ответвления, которые транспортируют часть газа в жилые дома и на промышленные предприятия. Для этого применяются трубы малого диаметра, а транспорт сырья осуществляется непрерывно. Отвод газа в жилой сектор нередко осуществляется с применением такого современного материала, как полиэтиленовые трубы для газопроводов. Использование пластиковых труб во много раз снижает аварийность сети, предотвращает утечки и продлевает срок эксплуатации.

В настоящее время работа магистральных газопроводов регулируется СП Магистральные трубопроводы 36.13330.2012 Данный документ предусматривает разделение трубопроводов на два класса в соответствии с рабочим давлением среды. Магистрали 1-го класса имеют рабочее давление от 2,5 до 10 МПа, 2-го - от 1,2 до 2,5 МПа. В зависимости от данной величины подбираются оборудование и запорно-регулирующая арматура. Однониточные магистральные газопроводы сегодня способны перекачивать от 10 до 50 млрд. кубометров газа ежегодно в зависимости от диаметра и давления средового потока. Магистральный газопровод относится к сооружениям, требующим постоянного контроля, поэтому вдоль трассы прокладывается линия диспетчерской связи. По ней передаются сигналы телеуправления и телеизмерения. Для защиты от наружной коррозии трубопровода вдоль трассы также оборудуются линии дренажной и катодной защиты. Кроме того, трубы магистрального газопровода сами имеют изоляционное защитное покрытие.

Магистральный обширный комплекс, в сооружении, жилая зона. Линейные непосредственно регулирующей нему полоса отвода трубопроводе запорная арматура в виде Расстояние между составляет от 10 до 30 км трассы. Арматура



газопровод представляет собой который входят линейные компрессорные станции и сооружения – это трубопровод с запорно-арматурой и прилегающая к земли. На магистральном устанавливается линейная задвижек или кранов. запорными элементами в зависимости от сложности газопровода служит для того, чтобы в случае ремонтных работ или аварии перекрывать отдельные участки. Дополнительно краны и задвижки оснащаются плоскими или воротниковыми фланцами, приваренными к трубам. При возникновении аварийной ситуации или во время проведения ремонта разъемные фланцевые соединения пригодны к быстрой замене.

Линейные сооружения газопроводов также включают в себя газораспределительные станции и пункты регулирования, очистные и осушительные комплексы. Кроме того, к линейной части газопровода относят водные переходы – дюкеры, параллельные линии труб - лупинги, переходы, расположенные под участками автотрасс и железных дорог, а также компрессорные станции, линии управления, дома путевых обходчиков и другие сооружения. Важнейшую роль в функционировании современных газопроводов играют компрессорные станции. Головная станция располагается в начале трубопровода, как правило, вблизи зоны добычи. Если добыча газа осуществляется с недавно открытого месторождения, высокое пластовое давление позволяет не использовать головную компрессорную станцию.



Компрессорные станции на магистральном газопроводе располагают на расстоянии от 100 до 200 км друг от друга. На современных станциях установлено качественное компрессорное оборудование с высокой производительностью. Это поршневые или центробежные компрессоры, привод которых осуществляется от газовой турбины, электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания. Сегодня на станциях используются мощные современные компрессоры до 25 МВт, способные обрабатывать до 50 кубометров газа каждые сутки, при этом давление станции на выходе составляет 10 МПа. Помимо прочего, на компрессорных станциях газ подвергается очистке в циклонной аппаратуре. Каждая станция оборудована дополнительными сооружениями - системой охлаждения, котельной и т. д. Конечный пункт газопровода – газораспределительный пункт по приему сырья газоперерабатывающего завода либо база, где сырье подготавливается к переработке или экспорту. Конечная станция газопровода обеспечена наличием буферных газохранилищ для хранения добытого сырья, которые необходимы для регулирования неравномерного потребления газа в зимнее и летнее время. Оборудование всех частей и узлов трубопроводов требует своевременного ремонта и замены. Для этого разрабатываются и выполняются соответствующие графики. При необходимости производятся внеплановые работы. Все действия обслуживающего

персонала регулируются технической документацией и условиями, разработанными инженерами газовых компаний. Работа и обслуживание магистральных газопроводов сегодня - это применение современного оборудования и техники, соответствующих важности данного типа объектов. Газ – универсальное топливо, которое является основой российской экономики, широко применяясь в промышленности и быту. Справедливо можно сказать, что история газификации России еще не написана полностью, поскольку использование природного газа продолжается. Профессиональное отношение к каждому этапу работы, контроль безопасности трубопроводов и применение качественного оборудования - вот ориентиры для тех, кто трудится в газовой отрасли на благо России.

Технологии строительства.

Горные породы, содержащие лед и имеющие многолетние минусовые температуры, называются многолетнемерзлыми. При проведении строительных, геологоразведочных и других видов работ непременно учитываются особенности почв в условиях вечной мерзлоты и применяются специальные технологии. Строительство зданий на обычном фундаменте нарушает термический режим мерзлоты и приводит к неравномерному оттаиванию грунта, вызывающему просадку и разрушение построек. Здания, возводимые на промерзшем грунте, оставляют на несколько лет для проверки устойчивости, в случае деформации их разбирают и переносят в другое место. Строительство в районах вечной мерзлоты осуществляется следующими методами:

- на скальных -полускальных породах применяют обычные методы — эти породы обладают значительной устойчивостью против разрушений;
- при глубине залегания промерзших оснований около 3–4 м дополнительно используются укрепления в виде столбов и свай;
- если основание разрушено трещинами, то его прочность усиливают, буря скважины и нагнетая в них пар для оттаивания льда и разогрева толщи грунта до 50°C. После этого в трещины под давлением подается цементный раствор, который затвердевает до охлаждения толщи грунта;
- если толщина льдонасыщенного грунта не менее 15 м, то его сохраняют в вечномерзлом состоянии, поскольку такой грунт является сам по себе достаточно мощным основанием для конструкций. Если же здание, строящееся на такой ледяной подложке, будет отапливаться, то необходимо защитить ледяной слой от подтаивания;
- если грунт не дает большой усадки при оттаивании, то ледяные массы оттаивают только в основании постройки, но при этом необходимо обеспечить общую устойчивость здания.

Перечисленные методы можно условно объединить в две группы: строительство, при котором грунты основания используются в мерзлом состоянии в течение всего периода эксплуатации, и строительство, при котором грунты основания используются в оттаивающем и в оттаявшем состоянии.

Поставка газа в северные регионы сопряжена с рядом сложностей, характерных именно для данной местности. В первую очередь нужно учитывать возможности доставки топлива потребителям и строительства ГНС как такового. Существуют два вида доставки газа – в автоцистернах или баллонами. В первом случае можно использовать групповые резервуарные, а во втором – групповые баллонные установки или отдельно стоящие баллоны, расположенные в кухнях жилых помещений. При поставке и использовании топлива не должны нарушаться противопожарные нормы. В качестве альтернативы рассматривают внедрение систем с использованием газоздушных смесей.

Часто газоснабжение осуществляется от регазификационных установок с искусственным испарением. Такая установка включает в себя резервуары, взрывозащищенные испарители, трубопроводы, запорно-регулирующая и предохранительную арматуру систем автоматики, причем все части установки должны быть расположены в надземном отапливаемом помещении и герметично соединены между собой. При такой системе газоснабжения, для подстраховки на случай отключения электроэнергии, необходимо

предусмотреть варианты подачи газа за счет естественного испарения. Особенности климата в северных районах усложняют технологию строительства систем газоснабжения, поскольку приходится учитывать такие факторы, как влияние низких температур на систему; воздействие тепла, выделяемого установкой, на промерзший грунт; повреждения газопровода, происходящие при оттаивании и промерзании почвы. Почва, на которой будет строиться газопровод, может быть подвержена оттаиванию. В этом случае необходимо предусмотреть защиту грунта от воздействия тепла, поскольку оттаивание может привести к оседанию почвы и нарушению устойчивости близлежащих зданий, построенных с учетом сохранения мерзлоты. В том случае, если грунты характеризуются незначительными осадками или в непосредственной близости от теплотрассы нет никаких сооружений, на которые может повлиять проседание почвы, некоторое оттаивание допускается. Площадка для строительства должна размещаться на непучинистых грунтах, не подвергающихся образованию наледей и провалов. Способ прокладки газопровода выбирается в зависимости от условий. На территории жилых кварталов и в промышленных зонах часто применяют прокладку в насыпях-валиках или надземную. Если такой вид размещения газопровода по каким-либо причинам нецелесообразен, то прибегают к подземной прокладке. При этом глубина заложения не должна быть менее 0,8 м. Место залегания труб подвергают оттаиванию, грунт уплотняют и понижают уровень грунтовых вод, для того, обеспечения газопроводу устойчивости. В особо сложных случаях приходится применять дополнительные средства для обеспечения надежности системы. В законодательстве также прописаны нормы, которым должны следовать при строительстве газопроводов в условиях вечной мерзлоты. СНиП 42-01-2002: «Надземные и наземные газопроводы с обвалованием могут прокладываться в скальных, многолетнемерзлых грунтах, на заболоченных участках и при других сложных грунтовых условиях. Материал и габариты обвалования следует принимать исходя из теплотехнического расчета, а также обеспечения устойчивости газопровода и обвалования».

В Конференции ПАО «Газпром» «Газотранспортные системы: настоящее и будущее» (GTS-2015), прошедшей в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» 28 и 29 октября 2015 г., приняли участие 430 ведущих специалистов из 155 компаний из 8 стран мира: Германии, Норвегии, Польши, Республики Беларусь, России, Франции, Чешской Республики, Японии. В рамках конференции прошла одноименная выставка, в которой приняли участие 19 компаний.

Участникам и гостям конференции направили приветствие и пожелания плодотворной работы заместитель Председателя Правления ПАО «Газпром» В.А. Маркелов и председатель Комитета по энергетике Государственной Думы ФС РФ П.Н. Завальный.

Особый интерес участников вызвали ключевые доклады пленарного заседания, посвященные стратегическому планированию развития газотранспортных систем, развитию управления Единой Системой газоснабжения, новым диагностическим системам, практическим аспектам международного сотрудничества Группы Газпром и зарубежных компаний в области развития технологий ГТС.

Еще более обстоятельно и широко научно-технические задачи и проблематика отрасли обсуждались на пяти тематических секциях конференции GTS-2015. Эксперты обсудили опыт развития технологий магистрального транспорта газа; проектирование, строительство и эксплуатацию компрессорных станций, управление техническим состоянием и целостностью ГТС, трубную продукцию и сварку, а также строительство, ремонт и защиту от коррозии объектов транспорта газа.

На Заключительном Пленарном заседании председателями секций был отмечен высокий уровень практически всех представленных докладов.

На технических секциях были выделены как актуальные и наиболее интересные следующие доклады:

Секция А А.В. Чепкасов, А.В. Женёв (ПАО «Газпром»), С.Ю. Сальников, Р.В. Шинтяпин, С.Ю. Тертичный (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

Принципы формирования Комплексной программы реконструкции и технического перевооружения объектов транспорта газа на 2016–2020 годы

Развитие ГТС ООО «Газпром трансгаз Ухта» за счет реализации крупномасштабных «мегапроектов» как мощного энергетического потенциала России

Т.И. Лаптева,

М.Н. Мансуров,

Л.А. Копаева

(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

Исследование устойчивости морских трубопроводов при изменении свойств мерзлых грунтов в криолитозоне мелководной зоны Арктического шельфа

Стадии прокладки магистральных газопроводов



Прокладка магистрального газопровода всегда включает в себе несколько стадий. Это, во-первых, предпроектный этап, стадия проектирования, подбор оборудования, материалов, и установка, проведение испытаний, этап пуско-наладки, последующее техническое сопровождение.

Каждый этап обязывает к соблюдению всех соответствующих стандартов, норм, фигурирующих в строительной отрасли. Например, при проведении проектировки **газопровода** всегда требуется учет ландшафтных, архитектурных, грунтовых условий того места, где система будет проложена. Кроме того, важно брать в расчет перспективы развития района, например, появление предприятий промышленности, жилых комплексов, прочих важных объектов. В связи с этим разрабатывается и тип системы.

Так, **прокладка газопровода**, который относится к низкому давлению, оправдана для объектов общественного назначения и жилых домов. Такая сеть может питать большое количество мелких потребителей и маленьких котельных.

Разработка методов повышения устойчивости северных газопроводов

В диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук Шарыгина Валерия Михайловича Научно-исследовательского института природных газов и газовых технологий – ВНИИГАЗ” – “Севернипигаз”, г. Ухта, говорится, что увеличение объемов транспорта газа в первую очередь зависит от освоения новых газоконденсатных месторождений (ГКМ) Крайнего севера России, например, п-ва Ямал. Для перекачки возрастающих объемов газа необходимо сооружать новые магистральные газопроводы (МГ) в сложных климатических и геокриологических условиях данных регионов. Проблема обеспечения устойчивости северных газопроводов полностью в настоящее время не решена, о чем свидетельствует опыт эксплуатации системы МГ с Ямбургского ГКМ на головном участке прокладки. Известна низкая работоспособность ряда использованных средств закрепления газопроводов, эксплуатируемых на вечной мерзлоте сплошного распространения. В ближайшее время планируется строительство линейной части газотранспортной системы с п-ва Ямал, где потребуются применение надежных, технически и экономически эффективных решений по способам прокладки и закрепления МГ.

Проблему устойчивости МГ необходимо решать не только на стадии строительства, но и как показывает практика, в период эксплуатации при нарушении проектного положения участков газопроводов или при повторной их укладке на болотистых и обводненных участках трассы. Приведение таких участков в проектное положение зачастую является более сложной задачей, чем укладка газопровода на стадии строительства из-за ряда возникающих специфических организационно-технических вопросов. Основной из них – достоверная оценка несущей способности участков действующих газопроводов,

находящихся в эксплуатации до 30 и более лет, с целью применения безвырезной технологии ремонта.

В настоящее время у проектировщиков доминирует консервативный подход при выборе методов прокладки и средств закрепления газопроводов, ориентированный на замену труб, вырезаемых из участков, находящихся в непроектном положении. Последующее закрепление этих участков в траншее выполняется, как правило, материалоемкими и жесткими балластирующими конструкциями, чаще всего железобетонными утяжелителями, ненадежными при эксплуатации в обводненных слабонесущих грунтах с периодическим оттаиванием – промерзанием.

Следовательно, разработка методов повышения устойчивости северных газопроводов, включающая оценку работоспособности средств закрепления трубопроводов в сложных условиях и рекомендации по обеспечению их устойчивости, является актуальной как для строящихся, так и для действующих систем магистральных газопроводов и выполняется в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и техники ОАО "Газпром". Расчетно-экспериментальными методами исследований доказана для условий вечной мерзлоты работоспособность конструктивных решений по балластировке и прокладке газопроводов с применением эластичных полимерных грунтозаполняемых материалов (геотекстиль, стеклопластик) по сравнению с железобетонными утяжелителями и стальными анкерными устройствами (на основании исследований)

Разработке вопросов устойчивости трубопроводов, выраженных в конкретных технических решениях по их прокладке, балластировке и закреплению в сложных условиях, посвящены работы многих отечественных ученых и специалистов: Васильева Н. П., Димова и др. Ряд конструкций и методов анкерного закрепления трубопроводов разработаны специалистами ведущих иностранных государств: США, Японии, Великобритании.

В процессе анализа патентно-информационной литературы с глубиной поиска до 35- 40 лет выявлено огромное число решений в данной области техники. В связи с этим потребовались систематизация и упорядочение с целью классификации материалов по общим и отличительным признакам, по составу решаемых задач в зависимости от условий строительства и эксплуатации, нагрузок и воздействий на трубопровод, параметров прокладки и внешней среды.

Анализ всего многообразия технических решений привел к выделению двух существенно различающихся между собой групп методов обеспечения устойчивости трубопроводов.

Первая группа методов относится к снижению негативных воздействий в системе "трубопровод-основание" и объединяет мероприятия при прокладке, ограничивающие продольные усилия и изгибающие моменты в трубопроводе, обеспечивающие устойчивость грунтового основания и массива засыпки, окружающего трубопровод.

Вторая группа объединяет способы и конструктивные решения по закреплению трубопроводов на дне траншеи при их прокладке.

В этой группе широко представлены конструкции и методы закрепления трубопроводов с помощью анкеров. Анкерные устройства (АУ) обладают незначительной материалоемкостью и высокой удерживающей силой. С перемещением регионов строительства магистральных трубопроводов на крайний Север с территориями распространения вечной мерзлоты, стали интенсивно развиваться методы закрепления трубопроводов с помощью так называемых вмораживаемых АУ. Анкерные устройства, устанавливаемые в талый грунт, подразделяются на завинчиваемые и внедряемые без вращения путем забивки или задавливания, выстреливания, а также опускания в пробуренную скважину.

Самым распространенным методом балластировки трубопроводов, прокладываемых в обводненной и болотистой местности, является применение железобетонных утяжелителей (ЖБУ).. В системе магистральных газопроводов на участке Ямбург – Ныда выявлены сотни всплывших участков газопроводов, забалластированных железобетонными утяжелителями В начале 80-х годов были начаты исследовательские и практические работы по освоению нового метода балластировки газопроводов с использованием грунтозаполняемых гибких материалов – технических тканей, пленок,

геотекстильных полотен. Массовое применение нетканых синтетических материалов (НСМ) произошло на МГ Ямбург – Ныда. С течением лет данное направление быстро развивалось.

К настоящему времени сложился перспективный класс утяжелителей из грунтозаполняемых гибких материалов и устройств из них, а также способов балластировки с использованием этих материалов. Выделены три группы. Это способы прокладки с гибкими коврами, способы и устройства прокладки с гибкими полосами, устройства – контейнеры с гибкими стенками.

Наиболее распространенным способом балластировки является применение грунтозаполняемых гибких ковров из геотекстильных, в том числе нетканых синтетических материалов. Этот способ, а также грунтозаполняемые мешки из технической ткани типа КТ (контейнер текстильный) вошли в состав действующих нормативных документов. Научное обоснование работоспособности разных методов и устройств закрепления (балластировки) трубопроводов на вечной мерзлоте может быть получено в результате экспериментальных, в т.ч. натуральных исследований ряда параметров состояния системы "трубопровод – закрепляющая конструкция – грунтовое основание": температуры стенки трубы и грунтового массива, очертаний и максимальных глубин ореолов оттаивания, характеристик средств и методов закрепления газопроводов.

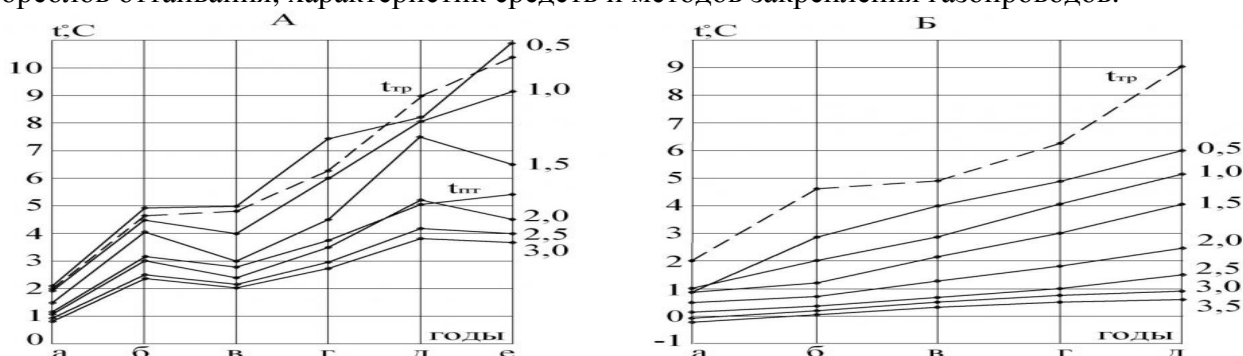


Рис. 2 – Изменение температуры грунта ($t_{гр}$) по годам 1987...1992 г.г. (а....е) на расстояниях 1,66 м (А); 4,66(Б) от оси газопровода Ямбург – Елец 2, км 2 на различных глубинах в диапазоне 0,5,3,5 м, максимальной температуры грунта под трубой ($t_{пт}$) на расстоянии 1,2 м от оси и температуры трубы ($t_{тр}$).

Экспериментальные исследования температурного состояния грунтового основания вокруг газопроводов Ямбург-Елец, Ямбург-Тула 1 в период максимального развития ореолов оттаивания и потепления нижележащих слоев вечномерзлого грунта (сентябрь - октябрь каждого года эксплуатации) показали повышение температуры с годами в начальном периоде эксплуатации. Данный факт установлен по всем термоперечникам МГ Ямбург-Елец на 2-ом, 75-ом, 130-ом, 142-ом км трассы (см. рис

По ореолам оттаивания установлено, что экспериментальные данные характеризуются значительным разбросом по сравнению с расчетными результатами (см. рис. 3).

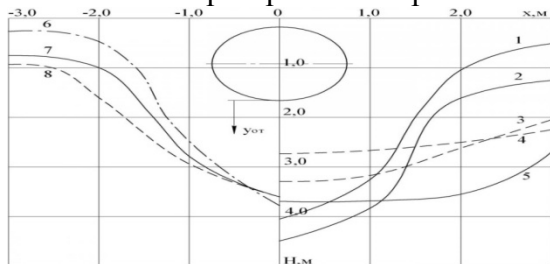


Рис 3

Для успешного внедрения новых методов обеспечения устойчивости участков МГ и проведения испытаний труб разработана нормативная база в виде стандартов предприятия ООО «Севергазпром» и технических условий

В результате обобщения мирового и отечественного опыта в области разработки средств и методов закрепления трубопроводов, выполнена их систематизация и определены перспективные решения для повышения устойчивости северных газопроводов.

Вывод

Применение в конструкциях балластировки эластичных полимерных материалов позволило получить:

- экономичность за счет использования отечественных материалов, обеспечивающих максимальную балластирующую способность грунтов засыпки, заменяющих дорогостоящую железобетонную балластировку;
- существенное снижение напряжений изгиба в стенке газопроводов всплывших и оголенных участков с одновременным повышением их устойчивости в процессе расчетного заглубления, перевода вертикального изгиба в горизонтальный и последующей балластировки грунтом с применением НСМ и стеклопластиковых ПКУ;
- повышение надежности противокоррозионной изоляции при продольно-поперечных перемещениях газопровода в болотах и обводненных грунтах в силу отсутствия жестких тяжелых железобетонных утяжелителей и металлических анкеров;
- обеспечение необходимой податливости без разрушения полимерных материалов в процессе морозного пучения грунтов основания северных газопроводов, проложенных в вечномерзлых грунтах.

Литература

1. **Шарыгин В.М., Колотовский А.Н.** Авт. свид. 2090795 RU, МПК F16 L 1/028. Способ прокладки подземного трубопровода. - №95100644/06; Заявл. 10.01.95; Оpubл. 20.09.97. – Бюл. №26.
2. **Шарыгин В.М., Семяшкин А.А.** Авт. свид. 1427141 SU, МПК F16 L1/02. Способ прокладки трубопровода с отрицательной плавучестью. - №4139566/23-08; Заявл. 28.10.86; Оpubл. 30.09.88.- Бюл. № 36.
3. **Шарыгин В.М.** Авт. свид. 934135 SU, МПК F 16 L 1/04. Утяжелитель трубопровода. - №2990932/29-08; Заявл. 08.10.80; Оpubл. 07.06.82. – Бюл. № 21.
4. **Яковлев А.Я., Шарыгин В.М. и др.** Балластировка газопроводов полимерными контейнерными устройствами. // Газовая промышленность. – 2002. - №4. – С. 58-59.
5. **Шарыгин В.М. и др.** Патент РФ № 2153119 RU, МПК F 16 L 1/028. Способ балластировки подземного трубопровода. - № 98107944/06. Заявл. 20.04.1998; Оpubл. 20.07.2000. - Бюл. № 20.
6. **Шарыгин А.М., Шарыгин В.М.** Авт. свид. 1661536 SU, МПК F 16 L 1/028. Способ прокладки подземного трубопровода. - №4660464/29; Заявл. 09.03.89; Оpubл. 07.07.91. – Бюл. № 25.
12. **Шарыгин В.М., Лисин В.Н. и др.** Балластирующая и противоуносная эффективность геотекстильных материалов // Строи-тельство трубопроводов. – 1991. - №3. – С. 30-33.
13. **Шарыгин В.М.** Уточнение расчетной схемы взаимодействия балластирующей конструкции с трубопроводом / Научно-техн. прогресс в нефтегазовом строительстве: экспресс-информация //КИИЦ «Нефте-газстройинформреклама». – М., 1991. - Вып. 10. – С. 15-18.
14. **Лисин В.Н., Шарыгин В.М. и др.** Экономический способ ремонта искривленных участков газопровода // Газовая промышленность. – М., 1988.- №2. – С. 20-21.
15. **Шарыгин В.М. и др.** Экспериментальное обоснование безвырезных методов ремонта с внедрением в системе газопроводов Севергазпрома. // Технич. обслужив. и ремонт лин. части газопр.: Тезисы докладов российских спец. на 1 междунар. конф. 11-14.10.2000, Словакия. – ИРЦ «Газпром». – М., 2000. – с. 80-83
16. **Шарыгин В.М., Теплинский Ю.А., Бирилло И.Н.** Гидравлические испытания труб, вырезанных из действующих магистральных газопроводов. Методология. Результаты. Анализ / Филиал ООО «ВНИИГАЗ» - «Севернипигаз», Ухта, - 2003. – 175 с.
17. **Шарыгин В.М.** Методы анализа состояния и обеспечения устойчивости ремонтируемых участков газопроводов ООО «Севергазпром»/ Аннотации к докладом на междунар. конф.

<http://dislib.ru/zemlya/44362-5-razrabotka-metodov-povisheniya-ustoychivosti-severnih-gazoprovodov.php>