

**ОСОБЕННОСТИ СООРУЖЕНИЯ
ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В СЛОЖНЫХ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Д.А. Виноградов

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Рассмотрены особенности развития полиэтиленовых технологий строительства в районах со сложными инженерно-геологическими условиями, показано, что с точки зрения безопасности полиэтиленовые газопроводы более надежны, чем стальные, поскольку обладают более высокой живучестью.

Повсеместное развитие полиэтиленовых технологий строительства, сдерживаемое ранее определенными ограничениями, коснулось и районов с горным рельефом местности, где традиционные надземные газовые сети из стальных труб начали уступать свое место полиэтиленовым подземным газопроводам.

Положительными сторонами полиэтиленовых газопроводов являются: во-первых, минимизация затрат и ускорение сроков строительства; во-вторых, способность полиэтилена воспринимать без разрушения относительно большие подвижки земной поверхности, например, во время землетрясений. Поэтому с точки зрения безопасности полиэтиленовые газопроводы более надежны, чем стальные, поскольку даже при возникновении напряжений, превышающих предел текучести, в материале труб происходит перераспределение («сбрасывание» пика) напряжений и газопроводы сохраняют целостность при рабочем давлении, т.е. обладают достаточной живучестью. По данным журнала «Пайплан энд Газ Джорнал» (июль 1990 г.) при землетрясении в г. Сан-Франциско в 1989 г. в газораспределительных магистралях давлением 0,42 МПа произошло

87 разрушений, из них только 9 пришлось на пластмассовые трубы (ПНД, ПВХ, АБС).

Построенный «Запсибгазпромом» впервые в России газопровод из полиэтиленовых труб, присоединивший населенные пункты в районе Туапсе - Лазаревское (Черноморское побережье Кавказа) к системе газораспределения, позволил накопить определенный опыт по строительству в столь сложных районах. На основании этого опыта ниже приведены некоторые рекомендации, которыми следует руководствоваться при прокладке газовых сетей в горных условиях. Приведенные ниже рекомендации не учитывают условия горных районов северной России, для которых, кроме всего прочего, характерны сходы снежных лавин и морозное растрескивание грунта.

Полиэтиленовые газопроводы оказывают очень незначительное давление на грунты основания, поэтому их прокладка может осуществляться непосредственно в коре выветривания без заглубления до коренных пород, как это обычно делается для массивных зданий и сооружений. Тем не менее, строительство в горных и предгорных районах является сложным процессом, требующим проведения целого комплекса стабилизационно-защитных мероприятий. Это обусловлено свойствами и особенностью поведения скальных и полускальных грунтов.

Кора выветривания горных пород, состоящая из обломочных образований с включением глинистых и других видов грунтов, подвергается легкому размыву дождевыми и талыми водами. Водные потоки, стекая по поверхности в виде многочисленных струек, каждая из которых не имеет фиксированного пути, образуют мощный поверхностный сток, постепенно разрушающий всю поверхность склонов. Вода не только разрушает горные породы, но и уносит с собой продукты разрушения (эрозии), образуя промоины и овраги.

Размыв грунтов происходит также в ряде случаев за счет изменения русла ручьев и мелких рек.

При строительстве газопроводов в горных и предгорных районах следует учитывать их специфические особенности, связанные с активным воздействием различного рода экзогенных геологических процессов на поверхностный рельеф местности.

Отложения делювия, залегающие на склонах, часто подвержены оползневым процессам, особенно при переувлажнении. Преобладание в поверхностных отложениях глин, относящихся к типичным оползневым породам, повышает склонность грунтов к «ползучести» вниз под собственным весом. Часто активизация оползней начинается после подъема на поверхность подземных вод.

Процессы выветривания приводят к постепенному преобразованию и разрушению поверхности горных пород. При нарушении поверхностного травяного покрова и лесонасаждений склоны переходят из устойчивого (пассивного) состояния в активное, и легко подвергаются размыву, а также оползневым и обвальным процессам. К тому же, устройство траншей для газопроводов может провоцировать образование локальных оползневых или эрозионных явлений из-за инфильтрации воды в грунт и изменения степени устойчивости склона. Наличие землетрясений, даже малой интенсивности, приводит к образованию обвалов и осыпей.

В целом все площадки строительства с крутизной склонов более 15° , сильной нарушенностью пород физико-геологическими процессами, просадочностью грунтов, осыпями, оползнями и карстами являются неблагоприятными по устойчивости к сейсмическим воздействиям.

Все эти процессы (на развитие которых к тому же оказывает влияние неустойчивое положение грунта засыпки, вызванное нарушением связности частиц грунта), если не принимать меры защитного характера, отрицательно сказываются на устойчивости газопровода и не гарантируют его безопасную эксплуатацию. При проведении комплексных инженерных изысканий используют методы исследований, определенных требованиями СНиП 22-01-95. Исследования должны включать геологические,

гидрогеологические, геодезические и другие методы прогнозирования опасных природных воздействий. Результаты оценки опасности геофизических воздействий должны быть включены в исходные данные для разработки проекта газоснабжения. Для обеспечения безопасной эксплуатации газопровода и принятия соответствующих технических решений по его защите от опасных геологических процессов при выполнении изысканий необходимо определить:

- рельеф местности;
- особенности строения горных склонов и физико-механические свойства пород их слагающих (расположение слоев и их трещиноватость и пр.);
- степень пораженности трассы экзогенными процессами;
- сейсмичность площадки;
- природные процессы и явления, которые могут образоваться на рассматриваемой трассе и отрицательно сказаться на устойчивости положения газопровода (типы оползней и тесно связанные с ними просадочные процессы, карсты и пр.).

Ответы на все эти вопросы получают при проведении гидрогеологических и инженерно-геологических исследований. Решения по инженерной защите трассы газопровода от негативных природных воздействий определяются исходя из анализа полученных данных. Гидрологическая и инженерно-геологическая карта с четкими границами районов проявления оползневых, просадочных, эрозионных, селевых и прочих видов экзогенных процессов, позволяет выбрать наиболее оптимальный вариант трассы газопровода и уменьшить затраты на профилактическо-защитные сооружения.

Нецелесообразно использовать под трассу полиэтиленовых газопроводов участки с действующими (активными) оползнями независимо от скорости их перемещения, поскольку необходимые для их

стабилизации системы инженерной защиты могут в несколько раз поднять стоимость прокладки газопроводов.

При перепаде температур воздуха более 30°C необходимо учитывать температурную компенсацию труб в период до их засыпки грунтом и осуществлять прокладку газопроводов «змейкой» в горизонтальной плоскости. Отметим, что после засыпки газопровода до проектных отметок «змейка» может лишь в малой степени компенсировать нагрузки от смещения грунтовых масс, и то лишь в том случае, если засыпка трубы осуществлена несвязным грунтом. При связном грунте возможность компенсации практически исключена и может осуществляться только за счет деформации самих труб. Действительно, при обычной ширине траншеи $B=0,5$ м и минимально возможном радиусе изгиба труб 225 SDR 11 $\rho \geq 25$ $De=5,63$ м, может получить стрелку прогиба $h = (B - De)/2 = 0,14$ м и относительную величину стрелки прогиба $h = (B - De)/2\rho = 0,0245$.

При этом длина дуги оси трубопровода L при ее форме, близкой к синусоиде, составит $L \cdot \rho = 0,4538 \cdot 5,63 = 2,55$ м, длина хорды $a = 0,4499 \cdot 5,63 = 2,53$ м. То есть, «змейка» в лучшем случае может обеспечить осевое смещение трубы максимум на 0,8% и боковую подвижку на 5-6% от протяженности рассматриваемого участка. В основном же перемещения от подвижки грунта будут компенсироваться за счет перехода части деформаций в трубе в высокоэластические, сопровождаемые постепенным ослаблением напряжений.

В целях предупреждения возникновения оползневых и обвальных явлений (осыпей, осов, оплывин) и предотвращения плоскостного смыва в проекте газоснабжения необходимо предусмотреть мероприятия по водоотведению путем планировки территории для отвода ливневых вод за пределы трассы газопровода и исключению попадания на склон вод с примыкающих территорий, устройства водоулавливающих,

водоудерживающих и водорегулирующих сооружений для перехвата и замедления поверхностного стока. Например, могут рекомендоваться устройства земляного вала из глин над верхом траншеи газопровода и поперечных дамб-перемычек длиной 5-6 м, устанавливаемых на водоразделе и наклонных участках «коридора» трассы для регулирования сброса поверхностных вод за пределы оси газопровода (поверхностный дренаж). На склонах поверхностный дренаж должен обеспечивать беспрепятственный поперечный сток в облицованные водоотводящие канавы.

Для предотвращения переувлажнения оползневого склона на участках прохождения трассы газопровода (особенно в местах возможного выхода на поверхность грунтовых вод) возможно устройство подземного дренажа путем прокладки рядом с газопроводом дренажной трубы полиэтилена, в т.ч. гофрированного, или ПВХ.

При строительстве на крутых склонах с уклоном 1:2 и более необходимо устраивать поперек траншеи перемычки из водоупорных материалов, которые служат для предотвращения размыва траншеи, распространения воды вдоль оси трубопровода и образования локальных оползней – сплывов. Перемычки предотвращают также сползание газопровода вниз под собственным весом и весом окружающего грунта и возникновение в нем чрезмерных растягивающих (на верхних участках склона) и сжимающих (на нижних) напряжений.

Перемычки могут изготавливаться:

- на устойчивых склонах – из армированного камня (естественного или искусственного) или в виде обетованных решеток из арматурной стали;
- в пределах недействующих (неподвижных) оползней – в виде обетованных решеток из арматурной стали или разъемных шпунтов.

Возможно выполнение перемычек из связанных между собой автомобильных покрышек, укладываемых плашмя друг на друга и заполняемых утрамбованным грунтом. Расстояние между перемычками определяется расчетным путем, исходя из величины уклона, нагрузок от возможного сползания грунта и недопущения обнажения тела газопровода.

Практика показала, что глубину укладки труб предпочтительно назначать не менее 1,2 м до верха трубы на горизонтальных участках и 1,5 м на склонах, исходя из возможности частичного размыва траншеи.

На переходах через ручьи, а также овраги, балки и ложбины, по которым возможен сток дождевых и талых вод, газопроводы заключают в защитные футляры из нехрупких и прочных материалов, имеющих хорошую стойкость против разрушения в результате возможного падения на футляр неустойчивых скальных пород. Например, можно рекомендовать футляры из полиэтиленовых труб SDR 11 большего, чем газопровод диаметра в сочетании с устройством над футлярами водопропускных сооружений (например, укладка железобетонных П-образных водо-перепускных лотков, или решетчатых плит и их заанкеривания), препятствующие размыву дна, и предусматривается укрепление откосов.

При проектировании газопроводов в горных условиях, конечно, невозможно точно предусмотреть изменение устойчивости склонов, особенно учитывая непредсказуемость поведения подземных вод и сейсмических воздействий. Поэтому для предотвращения аварийных ситуаций необходимо вести постоянные режимные наблюдения (мониторинг), направленные на предупреждение опасности нарушения устойчивости положения газопроводов, восстановление разрушенных защитных сооружений и определение мер превентивного характера.

Для этого на надземных переходах устраивают створные указатели, по трассе подземного газопровода – реперные знаки (в т.ч. глубинные магнитные), а также предусмотренные требованиями нормативной

документации контрольные трубки. Створные знаки и реперные указатели позволяют достаточно легко проводить мониторинг экзогенных геологических процессов на всем протяжении трассы с применением стандартных топогеодезических методов. При обходе трасс газопроводов отслеживают появление трещин в грунте и мест скопления неустойчивых грунтовых масс с целью прогнозирования возникновения селевых потоков и осыпей.

В целом строительство газопровода и осуществление мероприятий по его инженерной защите не должны приводить к активизации опасных геологических процессов на трассе строительства и примыкающих территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каргин В.Ю., Бухин В.Е., Вольнов Ю.Н. Полиэтиленовые газовые сети. Материалы для проектирования и строительства. Приволжск. кн. изд-во, 2001. – 400 с.
2. СП 42-103-2003 Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов. – М., 2004. – 87 с.