

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО  
СОСТОЯНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНОВОГО ГАЗОПРОВОДА С УЧЕТОМ ОБРАЗОВАНИЯ  
ТРЕЩИНЫ**

**И. С. Белых, Е. Ю. Гвоздырев**

Научный руководитель профессор П. В. Бурков

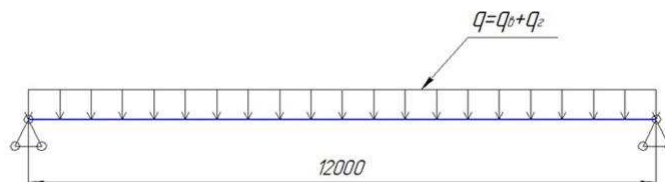
*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Полиэтиленовые трубы для газопроводов предназначены для подземных газопроводов, транспортирующих горючие газы, предназначенные в качестве сырья и топлива для промышленного и коммунально-бытового использования. С каждым годом рынок **полиэтиленовых труб** растёт, применение полимерных материалов становится всё популярнее. Многие инженеры, проектировщики, строители считают, что пластиковая труба – самый удобный строительный материал для транспортировки газа. Они экономически выгодны, износостойки, что позволяет использовать их в несколько раз дольше, чем стальные аналоги. Затраты труда при использовании **полиэтиленовых труб** в строительстве газопроводов меньше в три раза, чем при монтаже аналогичных стальных конструкций [1]. Перспективной областью применения полиэтиленовых труб являются территории горных выработок с возможными деформациями поверхностей, вызванными подземной эксплуатацией месторождений. В этом случае полиэтиленовые трубы, применяемые для строительства газопроводов, не требуют дополнительных компенсаторов. Они обладают большой устойчивостью к динамическим нагрузкам, подтвержденной практическим опытом, полученным в сейсмически активных странах, где полиэтиленовые элементы подземной инфраструктуры городов подвергаются значительно меньшим разрушениям в случае сейсмической активности по сравнению со стальными, чугунными или полихлорвиниловыми [2].

Для сооружения промышленных трубопроводов в России используются преимущественно:

- трубы из полиэтилена низкого давления (ПНД);
- полиэтилена высокого давления (ПВД);
- полипропилена (ПП);
- суспензионного поливинилхлорида (ПВХ);
- стеклопластиков.[3]

Целью данной работы является определение условий обеспечивающих прочностные характеристики полиэтиленовых газопроводов для обеспечения их надежной и долговечной эксплуатации. В процессе технологического цикла изготовления и эксплуатации трубопроводов из полимерных армируемых труб в них могут возникать нагрузки различного характера, которые в итоге приводят к формированию трещин и в дальнейшем к разрыву. Наиболее характерными являются нагрузки, связанные с технологическими режимами работы трубопровода. Во-первых, к ним относится расчетная квазистатическая рабочая нагрузка конкретного трубопровода. Во-вторых, в зависимости от применяемых насосов, задвижек в каждом трубопроводе могут возникать динамические нагрузки в виде импульсных, осциллирующих и собственных колебаний жидкости на участке между запорными элементами [4]. Хрупкий разрыв сварных соединений полимерных материалов происходит, как правило, по шву и в зоне термического влияния, а также по границе грата с основным материалом, так называемой зоной сплавления [5], независимо от вида конструкции. Такой тип разрушения наблюдается в полиэтиленовых трубопроводах при длительном воздействии напряжений [6]. Образование трещины длиной  $a > 4,7 d$ , характеризует начало быстрого распространения трещин и в дальнейшем, приводящая к разрушению [7]. Размеры трещины: длина 1480,5 мм, глубина 3,2 мм. Трещина начинается в торцевой зоне. Целесообразнее рассматривать и брать в расчет трубопровод 3м, так как наибольшие напряжения и перемещения будут наблюдаться на данном участке трубопровода, а напряжения на остальном участке трубопровода будут изменяться не значительно, поэтому этим участком можно пренебречь. Диаметр исследуемого газопровода 315 мм, толщина стенки 17,9 мм, рабочее давление 2,5 МПа, температура окружающей среды 0°C. Газопровод проходит над землей. Характеристика материала трубы: полиэтилен со следующими механическими характеристиками:  $\sigma_0 = 33 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{0.2} = 21,6 \text{ МПа}$ . На газопровод, кроме рабочего давления, действуют следующие нагрузки: распределенная нагрузка от веса самой трубы и перекачиваемого газа –  $q$ [8]. Проанализируем 2 модели: Модель 1 - труба только введена в производство, на неё действуют нагрузки, указанные выше и без трещин, Модель 2 - на полиэтиленовой трубе образована трещина максимального размера.



**Рис.1 Расчетная схема полиэтиленового газопровода**

Когда отсутствует трещина, напряженное состояние вполне соответствует техническим условиям (ГОСТ Р 50838-95) и может дать большие сроки службы трубопровода. В случае реальной эксплуатации трубопровода, на него действуют нагрузки, связанные с технологическими режимами работы трубопровода, приводящие к образованию трещин. При достижении критической поврежденности трубы, начинается устойчивый рост трещины, который приводит к дальнейшему разрушению.

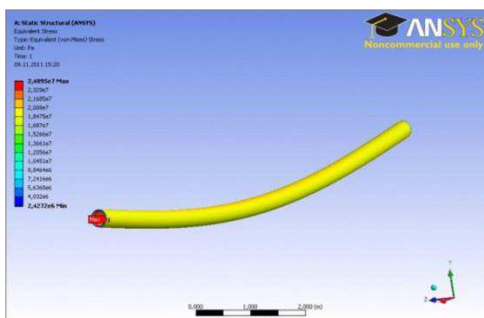


Рис.2 Расчетные напряжения без трещины

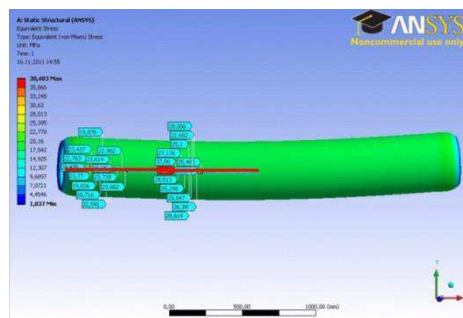


Рис.3 Расчетные напряжения с трещиной

## Выводы:

- на полиэтиленовом газопроводе без трещины максимальные напряжения будут приходиться на торцы трубы, суммарные перемещения существенно зависят от действия распределенных нагрузок от веса самой трубы и перекачиваемого газа, наиболее опасное сечение находится на торцах полиэтиленового газопровода;
- на полиэтиленовом газопроводе с трещиной максимального размера опасное сечение находится в центре трещины, здесь наблюдаются максимальные напряжения, которые превышают предел прочности и, следовательно, ведут к разрушению. А максимальное перемещение будет на торце, на котором начинается трещина;
- полученные результаты подтверждают, что при образовании трещины длиной  $a > 4,7 d$ , максимальное напряжение, действующее на трубопровод  $\sigma_{max} = 38,5 \text{ МПа}$  будет превышать предел прочности  $\sigma_s = 33 \text{ МПа}$ .
- в результате желательно избегать нагрузок, возникающих в полиэтиленовом газопроводе, которые приводят к образованию трещин и дальнейшему разрыву, например с помощью компенсаторов

## Литература

1. Официальный сайт Полимер Строй Снаб. Полиэтиленовые трубы. Для газопроводов [Электронный ресурс] Режим доступа <http://prok-plus.ru>
2. Н.А. Ноев, Р.Н. Бочкарев-Инокентьев, А.П. Аммосов Моделирование длительной прочности полиэтиленовых газопроводов с учетом функциональных и нефункциональных воздействий // Газовая промышленность. – 2009. №4. – С. 61-63.
3. Промысловые трубопроводы и оборудование: Учеб. Пособие П81 для вузов / Ф.М. Мустафин, Л.И. Быков, А.Г. Гумеров и др. - М.: ОАО «Издательство “Недра”», 2004. – С. 57-62.
4. А. Клюпа Распределительные сети газа из полиэтиленовых труб в свете правовых положений Евросоюза // Газовая промышленность. – 2005. №6. – С. 93-94.
5. Гринюк В.Д., Шадрин А.Л., Золотарь С.П. и др. Микроструктура качества стыковых сварных соединений полиэтилена // Автоматическая сварка. - 1990. - № 11. - С. 23-26.
6. Кашковская Е.А., Кайгородов Г.К. Очаги разрушения сварных соединений полиэтиленовых трубопроводов // Автоматическая сварка. -1975. - № 8. - С. 23-26.
7. ГОСТ Р 50838-95 Трубы из полиэтилена для газопроводов. Технические условия – 1995г.
8. СНиП 2.05.06-85\* Магистральные трубопроводы. Технические условия – 1985г.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РУЧЕЙКОВОЙ КОРРОЗИИ ДРЕНАЖНОЙ ЛИНИИ V-210

Я.Е. Шефер, Т.В. Тихонова

Научный руководитель профессор П.В. Бурков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Обеспечение безопасной эксплуатации трубопроводов сводится к повышению характеристик их надежности и долговечности и является сложной комплексной задачей, которая включает в себя решение технических, технологических, экономических и организационных аспектов.

В настоящее время на территории России эксплуатируется более 340 тыс. км промысловых трубопроводов [4]. Актуальность темы обусловлена тем, что ежегодно на промыслах происходит до 70 тыс. отказов трубопроводного транспорта. При этом следует отметить, что одной из основных причин высокой аварийности трубопроводных систем являются коррозионные повреждения (до 30 % от общего количества аварий) [5]. Наиболее распространенной причиной отказов трубопроводов является ручейковая коррозия, чей удельный вес составляет от 70 до 90 % в общем числе отказов на стальных промысловых трубопроводах. Вследствие чего, средний срок эксплуатации промыслового трубопровода изменяется от нескольких месяцев до 15 лет.

Основными причинами ускоренного развития ручейковой коррозии на нефтепромыслах является массовое применение гидроразрыва пласта, снижение забойного давления значительно ниже давления насыщения, реагентных обработок призабойной зоны пласта, увеличение обводненности и уровня