

3-23-2018

## INCREASING LONGEVITY OF UNDERGROUND POLYETHYLENE PIPELINES

Nodir Nizomovich Avliyokulov

*Docent at the technology of oil-chemistry industry department, Bukhara engineering technology institute*

Lazizbek Jaloliddinovich Juraev

*Masters degree student at Bukhara engineering technology institute*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/buxdu>

---

### Recommended Citation

Avliyokulov, Nodir Nizomovich and Juraev, Lazizbek Jaloliddinovich (2018) "INCREASING LONGEVITY OF UNDERGROUND POLYETHYLENE PIPELINES," *Scientific reports of Bukhara State University*: Vol. 1 : Iss. 2 , Article 1.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/buxdu/vol1/iss2/1>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific reports of Bukhara State University by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [brownman91@mail.ru](mailto:brownman91@mail.ru).

УДК 539.3

**ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ****ЕР ОСТИ ПОЛИЭТИЛЕН ҚУВУРЛАРИНИНГ ХИЗМАТ МУДДАТИНИ УЗАЙТИРИШ  
INCREASING LONGEVITY OF UNDERGROUND POLYETHYLENE PIPELINES****Avliyokulov Nodir Nizomovich***Docent at the technology of oil-chemistry industry department, Bukhara engineering technology institute***Juraev Lazizbek Jaloliddinovich***Masters degree student at Bukhara engineering technology institute***Таянч сўзлар:** полиэтилен қувур ўтказгич, мустақамлик, узоқ муддатда ишлаш, сифат, юклама, бузилиш, босим, ҳарорат.**Ключевые слова:** полиэтиленовый трубопровод, прочность, долговечность, качество, нагрузка, разрушение, давление, температура.**Key words:** polyethylene pipeline, durability, longevity, quality, loading, destruction, pressure, temperature.**Аннотация***Мақолада ер ости полиэтилен қувурларининг хизмат муддатини узайтириш мақсадида ташқи ва ички кучлар таъсирида ҳосил бўладиган юкламалар кўриб чиқилган.***Аннотация***В целях увеличения срока службы подземных полиэтиленовых трубопроводов рассмотрены воздействия на них внешних и внутренних нагрузок.***Abstract***For the purpose of increasing the service life of underground polyethylene pipelines the influence of loadings that are created as a result of external and internal forces has been considered in the article.*

**Введение.** Несмотря на то, что технология производства труб из полиэтилена (ПЭ) неоднократно подвергалась существенным усовершенствованиям на всех своих этапах, по-прежнему остается потенциал для дальнейшего ее развития. Ведущие мировые производители постоянно занимаются разработками по дальнейшему повышению длительной прочности полимерных материалов. Основной целью является повышение экономичности, что можно достичь посредством оптимального проектирования систем газопроводов с точки зрения повышения ее надежности, увеличения пропускной способности и удлинения срока службы, а также уменьшения затрат на монтаж.

Трубы из ПЭ обладают рядом преимуществ перед трубами из традиционных материалов: коррозионная стойкость, гарантийный срок службы до 50 лет; низкая шероховатость и практическое отсутствие зарастания труб; высокая стойкость к гидроабразивному износу; высокая химическая стойкость; устойчивость к гидравлическим ударам; устойчивость к воздействию блуждающих токов (не проводит ток); небольшой вес труб; легкость транспортирования; прочность сварных соединений, превосходящая прочность самих труб; высокая ремонтпригодность.

Проектирование трубопроводов осуществляется на основе данных территории прокладки, характеризующейся различными природными факторами:

высокой сейсмичности;

высоким уровнем грунтовых вод с агрессивной минерализованностью;

грунтами, имеющими различные физико-механические свойства;

разнообразием рельефа;

## PHYSICAL SCIENCES AND MATHEMATICS: PHYSICS

низкой температурой в зимнее время, и высокой - в летнее.

Все перечисленные факторы сильно влияют на срок службы полиэтиленовых газопроводов, при прокладке которых необходимо произвести особо сложные расчеты и мероприятия.

Подземные полиэтиленовые трубопроводы постоянно подвергаются воздействию не только внутреннего давления, но и других многочисленных нагрузок, которые при проектировании даже невозможно учесть, так как они проявляются лишь в особых ситуациях. При этом прочностные показатели трубопровода должны обеспечить его работоспособность в любых условиях и при любых ситуациях.

На сроки эксплуатации полиэтиленовых газопроводов влияют:

важные экономические параметры: расчетная долговечность и фактический срок службы материала;

коэффициенты запаса прочности, учитываемые при проектировании трубопроводных систем, включающие в себя ряд факторов, в большей или меньшей степени неконтролируемых, зависящих от свойств материала, эксплуатационного режима и окружающей среды;

повышение класса минимальной краткосрочной и длительной прочности материала, позволяющий максимально увеличить пропускную способность труб и, следовательно, минимизировать затраты;

Объем конструктивных мер защиты подземных полиэтиленовых трубопроводов от сейсмических воздействий должен обосновываться расчетом, при этом следует учитывать:

применение изоляции, снижающей силовое воздействие деформирующегося грунта на трубопровод;

применение малозаземляющих материалов для обсыпки труб;

увеличение толщины стенки трубы;

применение труб из более прочных материалов;

установку компенсаторов.

Проверку прочности подземных трубопроводов необходимо производить с учетом совместного действия кольцевых и продольных напряжений. Кольцевые напряжения следует учитывать в связи с воздействием внутреннего давления или вакуума, внешней нагрузкой от сейсмических воздействий, засыпкой, транспортными средствами и деформацией контура поперечного сечения в зоне уступа.

Срок службы уложенных в грунт труб сокращается вследствие концентрации напряжений, вызванных внешними сосредоточенными нагрузками, также тесно связан с сопротивлением материалов медленному росту трещин. В результате постоянно ведущихся исследований и разработок с целью улучшения сопротивления ползучести, оно в настоящее время значительно превышает минимальные требования к качеству труб.

Долговечность полиэтиленовых трубопроводов определяется двумя основными группами факторов:

свойствами исходного полиэтилена – надлежащим качеством сырья и правильным подбором материала с учетом требований к конструкции изделия;

условиями эксплуатации полиэтиленовых трубопроводов – температуры, давления (напряжённое состояние), УФ-облучения, влажности, агрессивностью среды и т.д.

К сегодняшнему дню накоплен мировой опыт по изучению старения полимеров в естественных и искусственных условиях, и тем не менее вопрос надёжного прогнозирования их долговечности ещё далёк от разрешения. О долговечности материалов пытаются судить косвенно, например, по коэффициентам сохранения прочности или эластичности материала при его ускоренном термо- и фотостарении. Это обусловлено тем, что долговечность полимеров является показателем протекания со временем сложных физико-химических превращений в полимерах, скорость которых зависит от множества факторов, зачастую трудно поддающихся учёту.

## PHYSICAL SCIENCES AND MATHEMATICS: PHYSICS

При оценке качества полимерных труб, безусловно, важны их прочность и теплостойкость. Эти свойства давно и надёжно контролируют в лабораториях предприятий-изготовителей труб и в аккредитованных центрах по их сертификации.

При использовании некачественного полимерного сырья и неоптимальных технологических режимов экструзии труб можно получить трубы, удовлетворяющие требования по прочности и теплостойкости, но с долговечностью не в 30-50 лет, а в 1-3 года, что может быть, например, при использовании плохо стабилизированного полимера, исходные свойства которого снижаются в несколько раз быстрее, чем стабилизированного. Выпуск недолговечных труб сопряжён с огромными материальными, трудовыми и временными затратами, а также с отрицательными социальными последствиями.

Максимальный срок службы полиэтилена определяется термическим старением, которое вызывает охрупчивание материала. Кроме температуры и времени, влияние оказывают и такие параметры, как среда и доступный кислород. Вода, насыщенная кислородом, оказывает наибольшее воздействие на снижение максимального срока службы, поскольку вызывает ускоренное термостарение. Согласно энергии активации, термическая деструкция при высокой температуре (например, 80°C) происходит довольно быстро, а при низких температурах (20°C) случается спустя длительное время. Благодаря этим исследованиям установлено, что правильно смонтированные системы труб не подвергаются изменениям даже после длительной эксплуатации, а сама структура полиэтилена остается как новая.

Полиэтиленовые трубы при перепаде температур значительно изменяют свою длину, так как коэффициент линейного расширения материала полиэтиленовых труб 8-25 раз выше, чем у стальных труб. Трубопровод проектируют и конструктивно выполняют так, чтобы он имел возможность свободно удлиняться при нагревании и укорачиваться при охлаждении без перенапряжения материала и соединений трубопровода. Это достигается за счёт самокомпенсации трубопровода, которая не требует дополнительного расхода труб и не увеличивает стоимость трубопровода.

В действующих нормативных документах надёжная эксплуатация полиэтиленовых трубопроводов зависит от соблюдения при проектировании и строительстве следующих взаимосвязанных показателей:

- температуры транспортируемой среды;
- рабочего давления продукта;
- срока службы трубопровода.

Максимальное напряжение, которое испытывает материал труб от сосредоточенной нагрузки, представляет собой предел текучести. Продольные напряжения следует учитывать от воздействия внутреннего давления, изменения температуры и деформирующегося грунта.

Учет внутреннего давления при расчетах прочности полиэтиленовых трубопроводов обязателен во всех случаях, а остальные нагрузки учитываются в зависимости от конкретных условий и конструктивных схем трубопровода на том или ином участке.

Основной нагрузкой для трубопровода является внутреннее давление, в результате действия которого в бездефектной трубе возникают соответствующие нормальные кольцевые напряжения  $\sigma_{кц.н}$ . В дефектных местах эти напряжения увеличиваются до  $\sigma_{кц.д} = k\sigma_{кц.н}$ , где  $k$  - коэффициент концентрации напряжений.

Труба начинает разрушаться, если  $k\sigma_{кц.н} = \sigma_{вр}$ .

Допустим, что по всей длине трубопровода или его участка создано одинаковое внутреннее давление  $p$ . Поскольку дефекты по длине трубопровода будут различными, то в соответствующих местах расположения дефектов будут различными и значения характеристик безопасности  $\gamma$ . Если необходимо обеспечить одинаковый уровень надёжности участка трубопровода или в целом всего трубопровода, то

достаточно выполнить условие  $\gamma(\chi_n / \kappa) \geq \gamma_{\text{дон}}[P(T)]$ , где  $P(T)$  – заданный уровень или мера надежности участка, а  $\gamma_{\text{дон}}[P(T)]$  – соответствующая этому уровню характеристика безопасности.

При этом на коэффициент концентрации  $\kappa$  налагается ограничение

$$\kappa \leq \chi_{\text{безд}} / \chi_{\text{дон}}, \quad (1)$$

где  $\chi_{\text{безд}}$  – запас несущей способности бездефектной трубы;  $\chi_{\text{дон}}$  – запас несущей способности, соответствующей заданной характеристике безопасности  $\gamma_{\text{дон}}[P(T)]$ . Количественно  $\chi_{\text{безд}}$  характеризуется отношением  $\chi_{\text{безд}} = \overline{\sigma_{\text{вр}}} / \overline{\sigma_{\text{кц.н}}}$ . Здесь  $\overline{\sigma_{\text{вр}}}$  – математическое ожидание предела прочности, а  $\overline{\sigma_{\text{кц.н}}}$  – кольцевых напряжений в бездефектной трубе. Запишем  $\chi_{\text{безд}}$  в виде

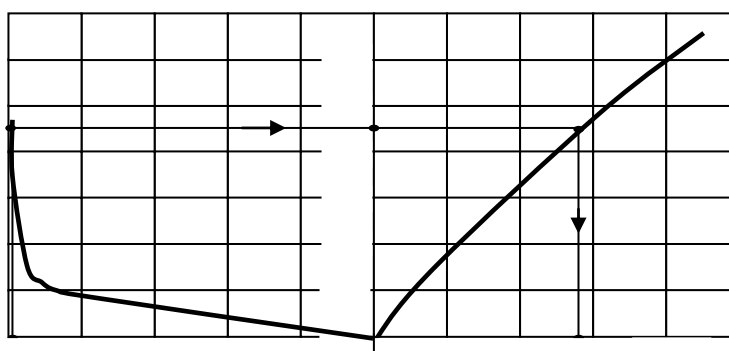
$$\chi_{\text{безд}} \chi_{\text{безд}} = \overline{\sigma_{\text{вр}}} / \overline{\sigma} * \overline{\sigma_T} / \overline{\sigma_{\text{кц.н}}} = \chi_T m,$$

где  $\overline{\sigma_T}$  – математическое ожидание предела текучести;  $\chi_T$  – запас несущей способности материала по пределу текучести;  $m$  – запас несущей способности по внутреннему рабочему давлению  $P_{\text{раб}}$  в трубе, характеризующий уменьшение внутреннего давления по сравнению с тем, которое могла бы выдержать бездефектная труба.

При этом неравенство (1) будет иметь вид:  $\kappa \leq \chi_T / \chi_{\text{дон}}$ .

Из этой зависимости можно сделать вывод о том, что допустимый коэффициент концентрации  $\kappa = \kappa_{\text{дон}}$  изменяется при изменении параметров, т.е. характеристик материала труб и меры надежности. Так, если запас по пределу текучести одинаков (одинаковые трубы), а  $\chi_{\text{дон}}$  задана для данного участка или трубопровода в целом, то  $\kappa_{\text{дон}}$  линейно зависит от  $m$ .

Для облегчения вычислений, в соответствии с изложенным, на рис. 1 приведен график зависимости меры надежности  $P(T)$  и характеристики безопасности трубопровода  $\gamma$  от коэффициента запаса несущей способности при наличии концентраторов напряжения  $\chi_n$  с учетом коэффициента концентрации напряжений  $\kappa$ . Допустим, задано  $P(T) = 0,99$ . По графику находим  $\gamma_{\text{дон}} = 4,5$ , а  $\chi_{\text{дон}} \geq 1,28$ ; если принять  $P(T) = 0,9$ , то достаточно выполнить условие  $\chi_{\text{дон}} \geq 1,05$ .



**Рис. 1. График зависимости меры надежности  $P(T)$  и характеристики безопасности  $\gamma$  от условного коэффициента запаса при наличии концентраторов напряжений**

Необходимо особо подчеркнуть, что полиэтиленовые трубы как во внутренних, так и в наружных трубопроводных системах следует применять только в тех случаях, когда их технологические параметры соответствуют эксплуатационным параметрам труб. Дело в том, что у полиэтиленовых труб, как ни у каких других, ярко выражена связь между давлением транспортируемой по ним среды ("рабочим давлением"), ее температурой и сроком службы.

Повышение давления, равно как и температуры транспортируемой среды, приводит к снижению срока службы трубопровода из полиэтиленовых труб.

Прочность полиэтиленовой трубы при прочих равных условиях зависит от толщины ее стенки. В соответствии с классификацией, принятой в мировой практике, максимальное рабочее давление МАОР, МПа, определяется по формуле

$$MAOP = \frac{2MRS}{C(SDR-1)}, \quad (2)$$

где  $MRS$  - МПа, минимальная длительная прочность материала через 50 лет эксплуатации при транспортировании воды с температурой  $20^{\circ}\text{C}$ ;  $C$  - коэффициент запаса прочности;  $SDR = \frac{D_H}{\delta}$  - стандартное размерное соотношение значений номинального наружного диаметра трубы ( $D_H$ ) и номинальной толщины ее стенки ( $\delta$ ).

Величина  $MRS$ , деленная на коэффициент запаса прочности  $C$ , дает возможность оценить величину допускаемого проектного напряжения  $\sigma_p$  в стенке трубы под действием рабочего давления  $P$ :

$$\sigma_p = \frac{MRS}{C}. \quad (3)$$

Из (2) и (3) следует:

$$\sigma_p = \frac{P(D_H - \delta)}{20\delta}. \quad (4)$$

Отсюда толщина стенки трубы  $\delta$  равна

$$\delta = \frac{PD_H}{20\sigma_p + P} \quad (5)$$

где  $\sigma_p$  взято в МПа,  $P$  - в кгс/см<sup>2</sup>,  $D_H$  и  $\delta$  - в мм.

Естественно, что трубы из новых марок полиэтилена и полипропилена с  $MRS$  80 и 100 кгс/см<sup>2</sup> (8 и 10 МПа), по сравнению с маркой  $MRS$  63 кгс/см<sup>2</sup> (6,3 МПа), имеют больший коэффициент запаса прочности. При стандартных значениях коэффициента прочности трубы из полиэтилена и полипропилена 80 и 100 могут иметь уменьшенные толщины стенок, т.е. меньшую материалоемкость и меньший вес.

Приведенные зависимости (2) - (5) и отмеченная выше связь между температурой, давлением и сроком службы дают возможность выбрать полиэтиленовую трубу для конкретных условий ее эксплуатации. Можно констатировать, что в настоящее время полиэтиленовые трубы с успехом применяются в разных промышленных сферах.

#### REFERENCES

1. Avliyokulov N.N., Safarov I.I. Sovremennye zadachi statiki i dinamiki podzemnykh truboprovodov. – Tashkent: Fan va texnologiya, 2007. – 306 s.
2. GOST 18599-2001. Truby napornye iz polietilena. Texnicheskie usloviya. – 20 s.