

УДК 539.4:621.6

Создание автоматизированных методик определения физико-механических характеристик материалов для труб с ППУ-ОЦМ изоляцией и оболочки ПИ-труб

В.В. МОЖАРОВСКИЙ, Д.С. КУЗЬМЕНКОВ, С.В. ШИЛЬКО

Разработана автоматизированная методика исследования, определения физико-механических свойств материалов труб с ППУ-ОЦМ изоляцией и оболочки ПИ-труб, разработан алгоритм и создана программа, реализующая расчет и хранение различных характеристик стальных труб ППУ. Проведены экспериментальные исследования.

Ключевые слова: автоматизированная методика, свойства материалов, трубы с изоляцией.

The automated calculation method of physical and mechanical characteristics of the materials for polyurethane foam pipes with insulation and their cover has been developed as well as the algorithm and the program that implements the calculation and storage of various characteristics of polyurethane foam steel pipes. The experiments have been carried out.

Keywords: automated method, characteristics of materials, pipes with insulation.

Введение

В последнее время борьба с коррозией и потерей тепла в трубопроводах теплосети успешно решается с помощью применения стальных труб с теплоизоляцией в виде изолирующего слоя из жесткого пенополиуретана (ППУ) в спиральновитой герметичной оболочке из тонколистовой оцинкованной стали (далее – трубы с ППУ-ОЦМ изоляцией для надземных прокладок трубопроводов) и внешней гидрозащитной полиэтиленовой оболочки (*ПИ-труб*) для подземной бесканальной прокладки [1], [2]. Труба ППУ является прочной конструкцией благодаря адгезии между стальной трубой, изолирующим слоем из ППУ, а также связи между пенопластом ППУ и внешней гидрозащитной полиэтиленовой оболочкой. Для изготовления полиэтиленовой оболочки используется термостойкий стабилизированный полиэтилен низкого давления высокой плотности черного цвета марки 273-79 высшего и первого сорта. Показатели основных свойств тепловой изоляции труб ППУ-ПЭ изоляцией должны соответствовать ГОСТ 3073. Требования к трубопроводам с оцинкованной оболочкой изложены в ГОСТ 30732-2006 «Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитным покрытием». Проведение проектными организациями расчетов и экспериментов согласно ГОСТ для таких стальных труб представляет довольно сложную задачу, поэтому возникает необходимость разработки программного комплекса на ПЭВМ, позволяющего автоматизировать данный процесс для оболочки ПИ-труб и труб с ППУ-ОЦМ изоляцией.

Автоматизированная методика определения физико-механических свойств материалов труб

В настоящее время возникла необходимость разработки современных методов оценки ресурса оборудования (трубопроводов, сосудов) из новых материалов, в том числе композиционных, на основе диагностической информации. Опыт создания таких комплексных программ и методик имеется [3]–[5]. Поэтому актуальна разработка программного комплекса на ПЭВМ, позволяющего автоматизировать данный процесс. Разработана автоматизированная методика определения физико-механических свойств материалов труб с ППУ-ОЦМ изоляцией и оболочки ПИ-труб, разработан алгоритм и создана программа, реализующая расчет и хранение различных характеристик стальных труб ППУ. Приведем краткое описание программы.

На стартовой форме можно выбрать один из двух режимов работы с программой: режим расчета и изменения данных или режим просмотра результатов. После чего появляется

главное окно программы (см. рис. 1), где реализованы расчет и хранение различных характеристик стальных труб ППУ и оболочки ПИ-труб: наружного диаметра изолированной трубы, отклонения осевой линии от оси оболочки, водопоглощения, прочности на сдвиг в осевом направлении, прочности на сдвиг в тангенциальном направлении, термоусадка и т. д.

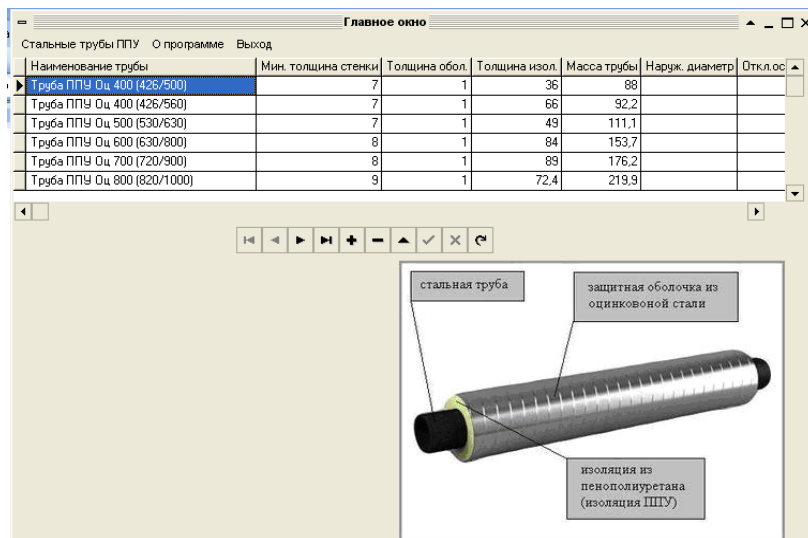


Рисунок 1 – Главное окно программы

В программе предусмотрена возможность поиска и сортировки по основным полям, обработаны все возможные случаи ввода некорректных данных. Расчет различных характеристик стальных труб ППУ и оболочек ПИ-труб: наружного диаметра изолированной трубы, отклонения осевой линии от оси оболочки, водопоглощения, прочности на сдвиг в осевом направлении, прочности на сдвиг в тангенциальном направлении и т. д. – осуществляется в отдельном окне, при расчете характеристик, для которых необходимо проводить расчет на 3 или 10 образцах (например, водопоглощение), рассчитывается среднее значение соответствующей характеристики. После нажатия кнопки «Сохранить» (см. рис. 2) рассчитанная характеристика заносится в таблицу базы данных с расширением mdb (Access). Для некоторых характеристик доступен рисунок (согласно ГОСТ). Также в программе предусмотрена возможность построения отчетов по рассчитанным характеристикам.

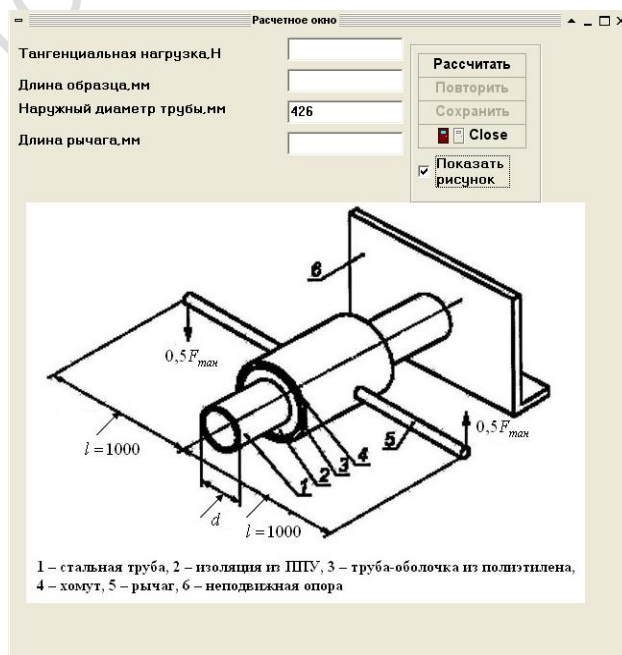


Рисунок 2 – Расчетное окно

База данных построена по технологии ADO, приложение запускается из любого места без предварительной настройки и не требует наличия на компьютере специальных программ (BDE Administrator и т. д.). В программе предусмотрена возможность сравнения рассчитанных характеристик с ГОСТ. В новом окне для текущей стальной трубы или оболочки ПИ-труб будет показано сравнение рассчитанных в программе характеристик с ГОСТ и сделано заключение о соответствии или несоответствии трубы ГОСТ. Сравнение с ГОСТ возможно только в том случае, если для исследуемой трубы определен хотя бы один из требуемых параметров.

Пример экспериментального исследования

Для определения физико-механических характеристик труб была разработана методика экспериментального исследования (рис. 3), успешно используемая для выполнения хозяйственных работ.

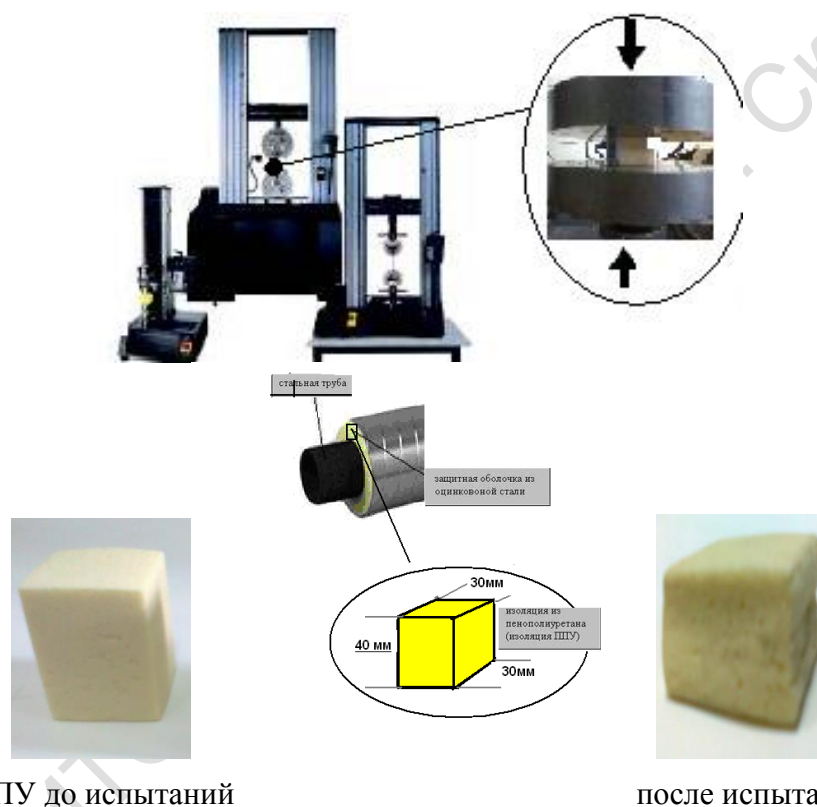


Рисунок 3 – Испытательная машина INSTRON 5567 для статических испытаний материалов на растяжение, изгиб, сжатие

Эксперименты для труб с ППУ изоляцией проводились с использованием методики, описанной в [3]. В результате проведения экспериментов были также построены зависимости «напряжение – деформация» для материала изоляции ППУ, изображенные на рис. 4 (черная линия – экспериментальные результаты, фиолетовая линия – теоретическая модель). Из рисунка 4 видно, что линейность зависимости «напряжение – деформация» сохраняется до деформаций 6%, $E = 11,6 \text{ ГПа}$, после чего имеет место выраженный горизонтальный участок (до деформации 25–30%). Теоретически эти диаграммы можно описать в виде моделей А.А. Ильюшина $\sigma = E\varepsilon(1 - \omega)$, где значение функции $\omega(\varepsilon)$ зависит от диаграммы сжатия и меняется в пределах $0 \leq \omega(\varepsilon) \leq 1$. Далее происходит ужесточение материала, обусловленное смятием и закрытием пор, что проявляется в нелинейном возрастании сжимающего усилия (напряжения). На основании экспериментальных результатов была разработана автоматизированная методика расчета на прочность образцов ППУ, а также проведены испытания на

водопоглощение в соответствии с ГОСТ и испытания адгезионной прочности соединения теплоизолирующего материала с металлической трубой.

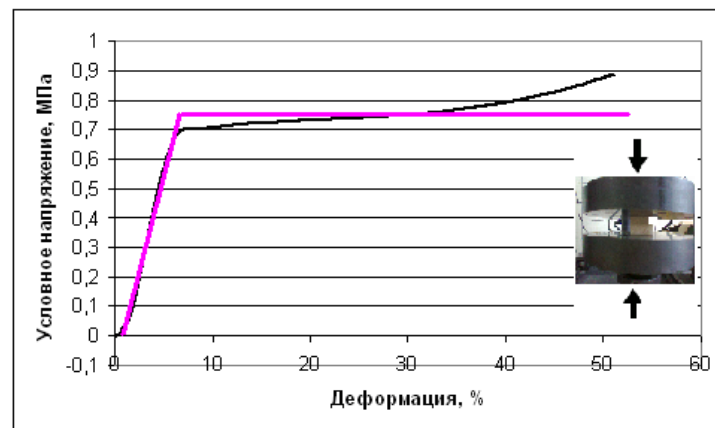


Рисунок 4 – Диаграмма испытания материала ППУ на сжатие

Заключение

В статье рассмотрена автоматизированная методика определения физико-механических свойств материалов труб с ППУ и изоляцией и оболочки ПИ-труб; разработана методика проведения экспериментов (и проведены эксперименты), которая соответствует ГОСТ. Разработанная программа позволяет определять плотность материала муфты и оболочки ПИ-трубы, определять процентное содержание сажи в материале оболочки ПИ-трубы, определять показатель текучести расплава (ПТР), проводить испытания на термоусадку, статические механические испытания, определять статические механические характеристики материала трубы-оболочки и другие свойства рассматриваемых материалов. Разработанную методику можно легко обобщить на другие трубопроводные системы, построенные с использованием новых композитных материалов и оболочек.

Литература

1. Проектирование и строительство тепловых сетей бесканальной прокладкой из стальных труб с промышленной теплоизоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке, СП 41-105-2002 / редкол. : М. Касцюк (гл. ред.) [и др.]. – М., Госстрой России. – 2003.
2. Batallas, M. Determining the performance of polyurethane foam pipe insulation for high temperature service / M. Batallas, H. Yih, P. Singh // Northern area western conference Calgary, Alberta, february 6–9, 2006. – P. 1–18.
3. Расчетно-экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния цилиндрических труб с учетом неоднородности материала / В.В. Можаровский [и др.] // Проблемы физики, математики и техники. – 2009. – № 1. – С. 77–82.
4. Программный комплекс контроля и диагностики сосудов и трубопроводов / В.В. Можаровский [и др.] // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2002. – № 1. – С. 28–31.
5. Концепція автоматизації процесу контролю технологічного стану промислових трубопроводних систем, посудин і резервуарів / В.В. Можаровський [і др.] // Вісник Національного університету «Львівська політехніка. Інформаційні системи і мережі». – 2011. – № 699. – С. 175–184.