

ОТЗЫВ

официального оппонента,

кандидата технических наук, доцента института сервиса, туризма и дизайна (филиала) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет» на диссертацию Дудник Анастасии Евгеньевны «Моделирование прочностных характеристик и прогнозирование несущей способности напорных труб из полиолефинов», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности: 02.00.06. – Высокомолекулярные соединения.

Для представления отзыва в диссертационный совет Д 212.076.09 ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» соискателем были представлены следующие материалы:

- текст диссертационной работы в объеме 113 страниц компьютерной верстки, состоящий из 4 глав и приложения в виде листинга компьютерной программы;
- автореферат объемом 24 страниц;

Актуальность диссертации

Известно, что трубы из полиолефинов широко применяются в строительстве и знания механического поведения как на стадии изготовления, так и на стадии эксплуатации очень важно с точки зрения, как исследователя, так и инженера.

В настоящее время при устройстве инженерных систем зданий и сооружений широко используют сшитые полимеры в качестве трубопроводов холодного, горячего водоснабжения и отопления. Сшитые полиэтилены получают переписным, силанольным или радиационным способами

Каждый их способов сшивания полиэтиленов (ПЭ) имеет свои преимущества и недостатки в технологическом оформлении процесса, различается по эксплуатационным характеристикам и областям использования соответствующих изделий, экономическим показателям. Главным критерием является обеспечение надежности и долговечности работы трубопроводов горячего водоснабжения при правильно обоснованных условиях эксплуатации,

которые отличаются по температурам (40-95°C), применяемым давлениям, условиям монтажа и т.п.

Учитывая быстрый рост жилищного и промышленного строительства в России, организация производства труб горячего водоснабжения и отопления на основе сшитого полиэтилена, способных длительно эксплуатироваться при высоких температурах, безусловно является **актуальным**.

Таким образом, диссертационная работа Дудник А.Е. посвящена теоретическим исследованиям в области механики полимеров на примере расчетов кинетики напряженно-деформированного состояния полимерных многослойных труб из полиолефинов с учетом некоторых начальных возмущений, температурном воздействии и очень важного аспекта - переменной жесткости сечения. В решении подобных задач нуждаются как теория, так и практика. Знание возможного неупругого поведения и возникающих особенностей процесса деформирования основных элементов конструкций из полимерных композиционных материалов необходимо для прогнозирования их свойств при эксплуатации.

Научная новизна диссертации

К научной новизне следует отнести решение проблемы расчета деформаций вязкоупругих материалов (полиолефинов) с учётом переменного модуля Юнга и других механических характеристик. Следует отметить, что соискателем разработана методика определения релаксационных констант, входящих в нелинейное уравнение Максвелла-Гуревича на основе кривых релаксации полимеров. Это оригинальная постановка научной задачи очень важна с практической точки зрения. Особенно существенным является вывод об относительном вкладе различных характеристик материала в величину критического времени разрушения полимерных труб.

Подавляющее большинство исследователей в вопросах расчета НДС полимерных труб рассматривают и приводят решения в основном в конечных разностях. Второе положение научной новизны работы заключается в том, что соискателем Дудник А.Е. разработаны методики для расчёта с учётом ползучести и температурных воздействий однослойных и трёхслойных термопластичных труб на основе метода конечных элементов в одномерной и двумерной

постановке.

Очень интересное, на наш взгляд проведено исследование влияния переменного теплового режима на напряжённо-деформированное состояние труб из полиолефинов и разработка аналитического метода расчёта многослойных термопластичных труб.

Некоторые авторы (проф. Р.А. Турусов, проф. В.И. Андреев, проф. Языев Б.М и др.) проводили исследования развития деформаций ползучести в полимерных трубах при внутреннем и внешнем давлении с учётом температурного воздействия. Ими решена обратная задача для толстостенных неоднородных полимерных труб из полиолефинов, на основе первой, второй и третьей теории прочности, а также упрощённой теории прочности Мора.

Соискатель предлагает решение обратной задачи для толстостенных неоднородных полимерных труб из полиолефинов, испытывающих силовые воздействия и температурные воздействия, на основе обобщённой теории прочности.

Постановка задачи потребовала от автора применения и модификации различных численных методов. Нелинейность уравнений связи в совокупности с зависимостью параметров уравнений от координат и вида среды, а также протекание процессов во времени ставит с особой остротой проблему устойчивости счёта и получения надежных, в данном случае новых результатов. Автор вполне успешно преодолел указанные трудности и получил, используя продуманные численные алгоритмы, распределение и кинетику напряжений, деформаций и перемещений в трубах из полиолефинов с учётом фактической реологии.

Практическая значимость результатов работы.

Практическая значимость выполненной работы заключается в разработке пакета прикладных программ в среде Matlab для расчета на температурные и силовые воздействия в условиях аварийного режима, циклического действия температуры и др. На программы для ЭВМ соискателем получено авторское свидетельство.

Как видно из автореферата работы результаты исследований

докладывались на ряде престижных международных научных конференций. Теоретические положения диссертационной работы используются в учебном процессе и внедрены в проектные организации.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа изложена на 133 страницах машинописного текста (с приложением) и состоит из введения, 4 глав, выводов и списка литературы из 102 наименований. Работа снабжена большим количеством графиков (51 рисунков), 18 таблиц и изложена грамотным научным языком, характерным для специалиста высокой квалификации. Содержание глав диссертации детально раскрывает и обосновывает решение каждой из поставленных автором задач и защищаемых положений.

По материалам исследований опубликовано 14 работ, в том числе 8 статьи в рецензируемых журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ, получено свидетельство на программный продукт.

В ходе рецензирования работы установлено, что в представленных оттиках публикаций в достаточной мере освещены все основные научные результаты работы соискателя.

Содержание диссертации.

Диссертация состоит из четырех глав.

Что же касается содержательной части диссертации, то здесь надо отметить следующее.

Во введении диссертантом обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава представляет литературный обзор, посвященный выбранному направлению исследования, приведен краткий обзор работ, посвященных теоретическим и экспериментальным данным по выпучиванию труб при ползучести.

Приводятся полученные автором зависимости от температуры модуля упругости, модуля высокоэластичности, начальной релаксационной вязкости и модуля скорости для вторичного поливинилхлорида.

Рассматриваются различные подходы решения на ползучесть, а также

приводится обобщенное нелинейное уравнение Максвелла-Гуревича с учетом дискретного спектра времен релаксации. Деформация ползучести представляется в виде суммы составляющих спектра времен релаксации.

Во второй главе получены разрешающие уравнения для решения задач термовязкоупругости полимерных цилиндров методом конечных элементов в одномерной и двумерной постановке.

Решение модельных задач заключается в следующем. Рассматривается толстостенный полимерный цилиндр, находящийся в условиях как плоского напряженного состояния (ПНС), так и плоского деформированного состояния (ПДС), испытывающий действие внутреннего давления p_a и внешнего давления p_b . В настоящей главе решение выполнялось при помощи метода конечных элементов, который позволяет рассчитывать и многослойные цилиндры.

В поставленной задаче использовался одномерный элемент с двумя узлами и одной степенью свободы в узле — перемещением u вдоль радиуса.

Очень важный на наш взгляд второй главы — это то что соискателем сделана попытка в проведении анализа применимости гипотезы о равенстве нулю объемной деформации ползучести. При этом использовалось уравнение Максвелла-Гуревича для одноосного напряженного состояния и принцип суперпозиции.

Отметим, что соискателем установлено, что применение гипотезы о равенстве нулю величины θ^* приводит к завышенным значениям напряжений в конце процесса ползучести. Максимальные значения радиальных напряжений отличаются на 35%, а окружных напряжений — на 27%.

Приводится исследовано влияние переменного теплового режима на НДС трубы из поливинилхлорида. Установлено, что при нестационарном тепловом режиме могут возникать напряжения существенно выше, чем при стационарном температурном поле.

В третьей главе рассматривается задача ползучести многослойной трубы, в частности, трехслойной трубы из полиолефинов. Исследуется перераспределение напряжений между полимерными слоями и внутренним армирующим слоем. Приводится аналитический метод расчета многослойных труб.

Соискателем показано, что в процессе ползучести происходит перераспределение напряжений между полимерными слоями и внутренним армирующим слоем: напряжения в слоях из полиэтилена высокой плотности с течением времени убывают, а в армирующем слое возрастают на 25%.

Подробно показан анализ уравнения Максвелла-Гуревича при $t \rightarrow \infty$, и в результате получена связь между напряжениями и деформациями в конце процесса ползучести.

Соискателем Дудник А.Е. введена впервые величина длительного модуля и длительного коэффициента Пуассона.

Очень важно с точки зрения инженера, что Дудник А.Е. разработан аналитический метод расчета многослойных труб, базирующийся на решении задачи Ламе. Выполнено сравнение результатов численного решения в одномерной и двумерной постановке с аналитическим решением.

Четвертая глава посвящена решению задач оптимизации толстостенных цилиндрических оболочек. Эквивалентное напряжение представляется в виде линейной комбинации напряжений σ_θ и σ_r .

На основе обобщенной теории прочности аналитически получен закон изменения модуля упругости по толщине толстостенной трубы, при котором она будет равнонапряженной по обобщенной теории прочности при действии внутреннего и внешнего давления.

Решены задачи оптимизации толстостенных цилиндрических оболочек, испытывающих действие силовых и температурных нагрузок.

Также численно, с использованием метода Рунге-Кутты четвертого порядка, получено решение задачи Коши, оптимизации и при совместном действии температурных и силовых воздействий. Установлено что при определенном соотношении между внутренним давлением и разницей температур на внутренней и внешней поверхности однородный цилиндр может быть равнонапряженным по третьей теории прочности. Таким образом, неравномерный нагрев цилиндра может выступать в качестве еще одного способа создания равнонапряженного состояния.

В рассмотренной модельной задаче создание искусственной неоднородности привело к увеличению несущей способности цилиндра при той же толщине в 1.4 раза.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность.

Теоретические результаты получены вполне корректно, и сделанные на их основании этого выводы не вызывают возражений.

Достоверность результатов подтверждается строгой математической постановкой задачи, проверкой выполнения всех интегральных и дифференциальных соотношений, граничных условий, применением автором нескольких методов решения одной задачи, сравнением с известными решениями

других авторов.

Новым в работе соискателя является то, ей предложена методика определения релаксационных констант полимеров с учётом изменения температуры.

Соискатель также предложил из анализа уравнения Максвелла-Гуревича величины длительного модуля и длительного коэффициента Пуассона.

Общая оценка выполненной работы (в соответствии с требованиями ВАК).

Все поставленные автором вопросы рассмотрены достаточно подробно, изложены четко и аргументировано. Диссертационная работа соответствует требованиям ВАК по специальности: 02.00.06 - «Высокомолекулярные соединения» по пунктам 8,9.

Все это заметно выделяет эту работу в ряду аналогичных исследований и позволяет положительно оценить личный вклад соискателя.

Качество оформления диссертации

Диссертация выполнена на современном уровне с использованием компьютерных технологий, что обеспечило высокое качество оформления. Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертации. Работа хорошо иллюстрирована и оформлена.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Однако к выводу о том, что установлено, что линейное уравнение Максвелла-Томпсона неудовлетворительно описывает процесс релаксации поливинилхлорида и полипропилена следует подойти с осторожностью, поскольку в этом случае речь должна идти о временном интервале. Для небольших процессов во времени мы считаем что линейное уравнение Максвелла-Томпсона вполне применимо.

2. В диссертации рассматривается модель вязкоупругого материала. Предполагается, что мгновенные пластические деформации отсутствуют, однако диаграммы растяжения рассматриваемых полимеров в работе не приводятся. Автору следовало бы подтвердить обоснованность использования модели вязкоупругого тела диаграммами «напряжения-деформации» для указанных материалов, полиолефинов в частности.

3. Не всегда оправдана краткость анализа результатов, впервые полученных в работе. Автор не придерживается единой системы единиц, и в тексте диссертации время от времени появляются мм вместо м.

4. По сравнению с использованным автором метод конечных элементов, существуют более простые и известные методы (методом конечных разностей, метод дискретных элементов и т.д.). Хотелось бы сравнить результаты

решения задач, полученные другими простыми методами, хотя, возможно, и достаточно использование метода конечных элементов.

5. В тексте диссертации слова «граничные и начальные условия» можно было бы объединить одним понятием - краевые условия.

Высказанные замечания не снижают общего положительного впечатления о работе. Диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, выполненное на актуальную тему и отличающееся новизной полученных результатов. Выводы по диссертации позволяют оценить научный уровень как современный и достаточно высокий.

Выводы.

Диссертация на тему «Моделирование прочностных характеристик и прогнозирование несущей способности напорных труб из полиолефинов» Дудник А.Е. представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу и отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Считаем, что ее автор, Дудник Анастасия Евгеньевна, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности: 02.00.06. – Высокомолекулярные соединения.

кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство» института сервиса, туризма и дизайна (филиала) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет»

Кулинич Иван Игоревич

357500, Россия, г. Пятигорск, пр. 40-лет Октября, д.56

Телефон/факс: (8793)33-77-61

Телефон рецензентов: +7(905)469-50-25, +7(906)473-98-66

Адрес электронной почты: kaf-str@pfncfu.ru; kaf_stroitel@rambler.ru;

Подпись Кулинича Ивана Игоревича заверяю:

Директор Института сервиса, туризма и дизайна (филиала)

ФГАОУ ВПО «СКФУ» в г. Пятигорске, доктор исторических наук, профессор

Шебзухова Татьяна Александровна -

« _____ » _____ 2016 г.