

ОТЗЫВ

научного руководителя д.ф.-м.н., профессора Турусова Р.А.

на диссертацию Мемарианфард Хамеда «Двухуровневый метод в механике толстостенных намоточных оболочек из армированных полимеров (при их создании и эксплуатации)»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

В связи с освоением человечеством новых стихий: космоса, океанских и морских глубин, с необходимостью встает вопрос о легких, прочных и герметичных материалах. Здесь в настоящее время и в ближайшем будущем приоритет за композиционными материалами, например, такими, как армированные полимеры. Эти материалы, как известно, неотделимы от конструкций из них. В результате возрастает ценность исследований и накопление знаний, роль теории и качество расчётов. Достигнутый уровень развития теории позволяет в большинстве случаев с достаточно удовлетворительной для инженерных расчетов точностью предсказать поведение конструкций и изделий из однородных материалов. То же самое сказать по отношению к конструкциям из армированных полимеров пока не приходится. Это касается, в частности, толстостенных намоточных цилиндров из армированных полимеров. Здесь остается еще не до конца решенной проблема технологической монолитности таких цилиндров с разной степенью упругой и термо-деформационной анизотропии. Она состоит в том, что в толстостенных анизотропных цилиндрах на стадии отверждения и охлаждения возникают значительные растягивающие напряжения, часто приводящие к образованию кольцевых трещин, нарушающих монолитность материала. Однако перспектива получения таких конструктивных элементов монолитными открывает широкие возможности применения их в мало освоенных областях деятельности человека. Для этого потребуются, например, глубоководные аппараты, строительные конструкции, корпуса летальных аппаратов, стойки шасси посадочного модуля космических аппаратов, специальные контейнеры, включая супербаллоны для хранения и транспортировки газов.

Решение проблемы технологической монолитности толстостенных намоточных изделий из армированных полимеров позволяет повысить их коэффициент массового совершенства по сравнению с современными в несколько раз. Для достижения этой цели необходимо разработать методы прогнозирования остаточных усадочных и температурных напряжений (технологических напряжений) с исследованиями не только на макроуровне, но и на микроуровне. Эти подходы вполне могут быть использованы в решении принципиальной проблемы герметичности и газопроницаемости армированных полимеров.

Перед аспирантом (нынешним диссертантом) Х.Мемарианфардом стояла задача исследования кинетики напряженно – деформированного состояния на макро и микроуровне армированного полимера в составе реальной трехмерной конструкции (кокона) на всех этапах формирования (отверждения и охлаждения) и эксплуатации с учетом неупругого поведения матрицы и зависимости упругих и вязкоупругих констант полимера от температуры. Неупругое поведение полимера автор описывает нелинейным (в общем случае) обобщенным уравнением связи Максвелла-Гуревича, выведенным из рассмотрения молекулярного механизма деформирования. Уравнение удовлетворительно описывает различные режимы деформирования жестких полимеров, включая температурные напряжения.

На пути решения поставленной задачи автор выяснил степень исследования проблемы. Определен круг работ и авторов, занимавшихся экспериментальными и разнообразными теоретическими исследованиями технологической монолитности толстостенных намоточных цилиндров. Все эти исследования в совокупности дали очень много интересных результатов, но они были сосредоточены и ограничены анализом макронапряжений в анизотропной сплошной среде, Большинство этих работ, ограничивалось исследованием однонаправленных намоточных цилиндров, и оказалось не в состоянии объяснить некоторые экспериментальные артефакты. Осталось не исследованным состояние НДС цилиндра на микроуровне. Возможно там подготавливается и происходит нарушение (разрыв) в композиционных материалах вследствие значительной концентрации напряжений в матрице. Однако анализ всей структуры в микро-масштабе потребует большого времени и огромного количества компьютерных ресурсов. Диссертант поступил иначе – он разработал нелинейный численный многомасштабный (многоуровневый) метод решения для прогноза поля микронапряжений в интересующих исследовательских подозрительных зонах, а не во всей структуре. Для реализации задуманного Х.Мемарианфард применил МКЭ, и новую элементарную ячейку материала или Представительного Объемного Элемента (ПОЭ). В конечном итоге автор применил разработанный подход к трехмерному случаю создания и нагружения (эксплуатации) кокона, состоящего из толстостенного анизотропного цилиндра и сферических титановых заглушек по торцам.

Квалифицированный анализ достаточно обширного фактографического материала обеспечил высокую аргументированность научных результатов проведенного исследования. Правильная реакция диссертанта на замечания научного руководителя и рецензентов работы свидетельствует о его взыскательности и высокой требовательности к себе и своей работе.

Проведенное Х.Мемарианфардом. исследование свидетельствует о том, что автор в достаточной мере владеет методами научного анализа, обладает достаточно высоким уровнем подготовленности к проведению глубоких научных изысканий, имеет широкую эрудицию в области технологической механики армированных полимеров и механики твердого деформируемого тела.

Уровень научной подготовки, о котором свидетельствует представленная к защите диссертационная работа, позволяет считать, что Х.Мемарианфард заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук, профессор кафедры Сопротивления материалов НИУ МГСУ



Р.А. Турусов

Подпись Турусова Р.А. заверяю,
Зам. директора Института фундаментального образования НИУ МГСУ по научной работе

Т.В. Жданова