

СЕРИЯ ОСНОВАНА В 2008 ГОДУ

*Рецензенты:*

доктор физико-математических наук, профессор *А.М. Думанский*,  
заведующий лабораторией механики композиционных материалов ИМАШ РАН;  
доктор технических наук, профессор *В.И. Андреев*,  
профессор кафедры сопротивления материалов НИУ МГСУ

*Монография рекомендована к публикации научно-техническим советом НИУ МГСУ*

**Турусов, Роберт Алексеевич.**

Т86 Технологии создания высокопрочных и герметичных оболочек вращения из армированных пластиков [Электронный ресурс] : монография / Р.А. Турусов, А.Ю. Сергеев ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра сопротивления материалов. — Электрон. дан. и прогр. (11,5 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2023. (Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ). — URL: <http://lib.mgsu.ru/>. — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-3222-9 (сетевое)

ISBN 978-5-7264-3223-6 (локальное)

В монографии рассмотрены вопросы влияния исходной прочности, объемного содержания, диаметра и ориентации волокон, свойств связующего, пористости структуры материала, адгезионной прочности на прочность намоточных армированных пластиков. Приведены результаты исследований временных и остаточных напряжений. Получено решение краевой задачи обеспечения гарантированной монолитности анизотропного намоточного изделия. Представлено решение краевых задач оптимизации охлаждения толсто-стенных оболочек, в том числе в вязкоупругой постановке. Проведены результаты исследований, необходимых для получения емкостей с полимерным герметизирующим лейнером (тип IV) и без него (тип V). Приведены соотношения для построения управляющих программ по намотке типовых оболочек с использованием станков с числовым программным управлением.

Для научных работников, инженеров, аспирантов и студентов технических вузов.

*Научное электронное издание*

## Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	8
Глава 1. РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ МОНОЛИТНЫХ ТОЛСТОСТЕННЫХ ЕМКостей ИЗ АРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИКОВ.....	10
1.1. Влияние условий изготовления и испытаний намоточных образцов на свойства композитов.....	10
1.2. Влияние исходной прочности волокон и ее дисперсии на прочность армированных пластиков .....	12
1.3. Влияние свойств связующего на прочность армированных пластиков .....	15
1.4. Влияние объемного содержания волокон на прочность армированных пластиков .....	17
1.5. Влияние диаметра волокон на прочность армированных пластиков .....	17
1.6. Влияние ориентации волокон на прочность армированных пластиков .....	19
1.7. Влияние пористости на прочность армированных пластиков .....	19
1.8. Адгезионное взаимодействие компонентов и его корреляция с прочностью композитов при сжатии и сдвиге .....	20
Глава 2. РОЛЬ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРОЧНОСТИ ОБОЛОЧЕК ИЗ АРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИКОВ И СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ .....	22
2.1. Остаточные напряжения после отверждения толстостенных изделий из волокнистых армированных пластиков .....	22
2.2. Расчет остаточных напряжений на различных этапах получения заготовок из армированных пластиков методом намотки.....	25
2.2.1. Этап намотки нити на оправку .....	27
2.2.2. Этап разогрева полуфабриката. Фильтрация связующего при намотке и разогреве .....	33
2.2.3. Этап полимеризации полуфабриката. Фронтальное отверждение .....	38
2.2.4. Охлаждение композитной оболочки на оправке .....	41
2.2.5. Экспериментальные исследования остаточных макронапряжений в намоточных композитах.....	43
2.3. Технологическая монолитность толстостенных оболочек из армированных непрерывными волокнами полимеров .....	46
2.4. Критерий гарантированной монолитности намоточного цилиндра.....	49
2.5. Взаимодействие композитной оболочки и изотропной оправки. Послойное отверждение.....	54
2.6. Оптимизация процесса термообработки с целью обеспечения монолитности толстостенного намоточного цилиндра.....	56
2.7. Оптимизация охлаждения толстостенных оболочек.....	60
2.7.1. Методика решения задачи оптимизации охлаждения толстостенных композитных оболочек .....	60
2.7.2. Результаты расчетов задачи оптимизации охлаждения толстостенных композитных оболочек .....	66
2.7.3. Классификация оптимальных режимов.....	69
2.8. Остаточные напряжения в процессе хранения и эксплуатации оболочек из армированных пластиков .....	71

2.8.1. Остаточные напряжения в процессе хранения и эксплуатации.....	73
2.8.2. Циклическое изменение температуры .....	75
2.8.3. Изотермический процесс релаксации температурных напряжений в полимерных стержнях .....	76
2.8.3.1. Релаксация напряжений после прямого нагрева или охлаждения. Методика определения констант .....	77
2.8.3.2. Релаксация напряжений, полученных при циклическом изменении температуры заземленного стержня.....	80
2.8.4. Решение задач о температурных напряжениях в полимерных стержнях и сопоставление с экспериментом .....	83
2.8.4.1. Однородное изменение температуры .....	84
2.8.4.2. Неоднородное нагревание полимерных стержней .....	88
2.8.5. Изотермическая релаксация температурных напряжений в стержнях.....	88
2.8.6. Температурные напряжения и релаксационные явления в бесконечном ортотропном цилиндре из армированного пластика.....	89
<b>Глава 3. СОСУДЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ГАЗОВ .....</b>	<b>92</b>
3.1. Расчет силовой оболочки с днищами сосуда высокого давления при действии внутреннего давления.....	93
3.2. Разработка методики для определения прочности силовых оболочек для сосудов высокого давления.....	95
3.2.1. Определение прочности силовой оболочки с применением метода испытаний образцов растяжением в полудисках.....	96
3.2.2. Испытание колец в 72-кулачковом приспособлении.....	106
3.2.3. Результаты измерения модуля упругости однонаправленных намоточных колец из стеклопластика акустическим методом.....	108
3.3. Полимер-композитные емкости.....	110
3.4. Безлейнерные композитные емкости для хранения газов .....	111
3.4.1. Исследования герметичности образцов .....	112
3.4.2. Определение физико-механических свойств образцов .....	116
3.4.3. Испытания образцов в полудисках.....	117
3.4.4. Испытания в 72-кулачковом приспособлении .....	118
<b>Глава 4. ПОСТРОЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ НАМОТКИ ОБОЛОЧЕК ВРАЩЕНИЯ.....</b>	<b>121</b>
4.1. Цилиндрическая оболочка .....	122
4.1.1. Определение траектории витка для оболочки .....	122
4.1.2. Определение координат раскладочной головки для цилиндрической оболочки .....	124
4.2. Оболочка с конической поверхностью .....	128
4.3. Оболочка типа «кокон» со сферическими днищами .....	129
4.3.1. Определение траектории витка для оболочки .....	129
4.3.2. Расчет координат центра раскладочной головки намоточного станка оболочки типа «кокон» .....	134
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>138</b>
<b>Библиографический список .....</b>	<b>139</b>