

## Оглавление

<b>Предисловие</b> .....	<b>9</b>
<b>Введение</b> .....	<b>11</b>
<b>Глава 1</b>	
<b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА НАМОТКИ И ОСНАЩЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ</b> .....	<b>14</b>
1.1. Технология формирования и пропитки полимерно-волокнистой намоточной ленты .....	14
1.1.1. Технология пропитки жидкими связующими намоточных волокнистых наполнителей .....	14
1.1.2. Техническое определение вязкости разбавленных растворов, клеев и полимерных связующих .....	28
1.2. Технологические способы намотки композитных конструкций .....	34
1.2.1. Мокрый способ намотки .....	34
1.2.2. Сухой способ намотки. Получение ленточных препрегов .....	38
1.2.3. Получение лент препрегов на установке УСЛ-2Б .....	42
1.3. Кинематические параметры намотки композитных оболочек сосудов давления и криволинейных трубопроводов в производстве изделий РКТ .....	49
1.3.1. Кинематические параметры намотки концевых участков композитных труб .....	52

1.3.2. Кинематические параметры намотки усеченных конических оболочек .....	58
1.3.3. Кинематика намотки цилиндрических композитных оболочек с днищами (баллонов) .....	62
1.3.4. Определение технологических параметров зональной намотки сферических оболочек .....	69
1.4. Кинематические параметры намотки тороидальных композитных оболочек сосудов давления .....	78
1.4.1. Уравнение кривой намотки тороидальных оболочек .....	78
1.4.2. Траекторные и угловые параметры орбитальной намотки тороидальных оболочек .....	82
1.5. Станки для открытой и орбитальной намотки композитных конструкций .....	89
1.5.1. Намоточные станки открытого (токарного) типа .....	89
1.5.2. Намоточные станки для орбитальной (тороидальной) намотки .....	108
<i>Контрольные вопросы</i> .....	118

## **Глава 2**

<b>ПРОИЗВОДСТВО И КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТОДОМ НАМОТКИ КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ .....</b>	<b>119</b>
2.1. Технологический процесс изготовления из композитных материалов методом намотки коробчатых шпангоутов изделий РКТ .....	119
2.2. Технологический процесс изготовления торовых баков из комбинированных материалов для изделий РКТ ....	129
2.2.1. Конструктивно-технологические особенности изготовления комбинированного (металл + композит) торового бака .....	129
2.2.2. Численный анализ и результаты испытаний торового бака из комбинированных материалов .....	135
2.3. Методы и средства неразрушающего контроля композитных конструкций изделий РКТ .....	138
2.3.1. Общая характеристика средств неразрушающего контроля качества композитных конструкций .....	138
2.3.2. Дефекты структуры композитных материалов в процессе переработки их в изделия .....	143

2.3.3. Прогнозирование прочности композитных материалов .....	148
2.3.4. Классификация методов контроля композитных материалов .....	152
<i>Контрольные вопросы</i> .....	170

### **Глава 3**

<b>МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ПРОЧНОСТЬ И ГЕРМЕТИЧНОСТЬ</b> .....	172
3.1. Испытания на прочность .....	173
3.2. Порядок выбора и назначений методов контроля герметичности .....	175
3.3. Методы контроля суммарной герметичности .....	177
3.4. Методы накопления при атмосферном давлении .....	185
3.5. Метод спада давления .....	187
3.6. Метод контроля мундштуком .....	188
3.7. Методы контроля локальной герметичности .....	189
3.7.1. Вакуумные методы .....	189
3.7.2. Пузырьковые методы .....	194
3.7.3. Химические методы .....	202
3.7.4. Ультраструйный метод .....	205
3.8. Схема технологического процесса испытаний .....	208
3.9. Разработка технического задания на проектирование установки для гидроиспытаний .....	211
3.9.1. Краткое описание технологического процесса испытаний .....	211
3.9.2. Требования к узлам установки, участку гидроиспытаний .....	212
3.9.3. Проектирование бронекамер .....	215
<i>Контрольные вопросы</i> .....	222

### **Глава 4**

<b>ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ И ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ СПУСКАЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ И АППАРАТОВ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ</b> .....	223
4.1. Роль теплозащиты в развитии пилотируемой космонавтики .....	223
4.2. Принципы функционирования тепловой защиты спускаемых космических кораблей и требования к свойствам тепловой защиты .....	227

4.3. Технологический цикл изготовления теплозащитного покрытия спускаемых аппаратов .....	238
4.4. Технологии приготовления препрегов для изготовления теплозащитных покрытий спускаемых космических кораблей .....	241
4.4.1. Описание свойств исходных материалов для изготовления теплозащитных покрытий спускаемых космических кораблей .....	241
4.4.2. Физические процессы, лежащие в основе технологии пропитки .....	245
4.4.3. Методы и оборудование пропитки заготовок теплозащиты .....	247
4.5. Опыт сушки пропитанных волокнистых наполнителей при изготовлении конструкций из полимерных композитных материалов .....	256
4.6. Автоклавное формообразование конструкции ТЗП с одновременной оптимизацией состава и структуры материала .....	264
4.7. Технология повышения содержания феноло-формальдегидной смолы в межволоконном пространстве препрега для изготовления ТЗП спускаемых космических аппаратов .....	278
4.8. Сопоставление результатов экспериментов и практического изготовления препрегов, полученных методом трехкратной пропитки с требованиями, предъявляемыми к препрегам ТЗП .....	284
4.9. Технологическое проектирование теплоизолирующих покрытий труб из коротких базальтовых волокон и минеральной связки $Al_2O_3$ .....	287
4.9.1. Общие сведения о теплоизоляции из волокнистых материалов .....	287
4.9.2. Физические основы изготовления теплоизолирующих покрытий на основе коротких базальтовых супертонких волокон .....	292
4.9.3. Технология подготовки суспензии и формование из коротких базальтовых волокон теплоизолирующих покрытий цилиндрических труб .....	298
<i>Контрольные вопросы</i> .....	309

## Глава 5

<b>ДИАГНОСТИКА, СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОТРАСЛИ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ .....</b>	<b>311</b>
5.1. Система контроля и диагностики качества композиционных конструкций РКТ на предприятиях отрасли .....	311
5.1.1. Задачи создания системы обеспечения качества на предприятиях по производству РКТ .....	311
5.1.2. Документальное оформление системы управления качеством продукции на стадии выполнения проектных работ .....	312
5.1.3. Политика предприятия в области обеспечения качества продукции .....	315
5.1.4. Управление качеством продукции на стадии производства изделий .....	318
5.1.5. Повышение эффективности и надежности РКТ на базе использования стандартов системы качества .....	326
5.1.6. Обеспечение эффективности и надежности РКТ на базе сертификации системы качества предприятия ....	330
5.2. Контроль составов композитов и характеристик связующего .....	334
5.2.1. Особенности пропитки при «мокрой» и «сухой» намотке .....	337
5.2.2. Производство и технологические свойства препрега .....	340
5.2.3. Выбор и программирование натяжения при намотке .....	342
5.2.4. Контроль натяжения армирующих материалов ....	352
5.2.5. Формование конструкции намоткой .....	356
5.2.6. Определение технологических режимов отверждения .....	358
5.2.7. Математическая модель определения основных технологических параметров изготовления намоточных конструкций .....	370
<i>Контрольные вопросы</i> .....	<i>376</i>

## **Глава 6**

<b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПРАВКИ ДЛЯ НАМОТКИ КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ РКТ</b> .....	<b>377</b>
6.1. Характеристики технологических оправок из песчано-полимерной композиции .....	377
6.1.1. Материалы и технологические процессы, применяемые при изготовлении оправок .....	382
6.1.2. Технология изготовления оправок из песчано-полимерной композиции .....	385
6.1.3. Термографический метод исследования термостойкости ПВС .....	389
6.1.4. Практические рекомендации по повышению прочности ППК при повышенных температурах .....	391
6.2. Конструктивное исполнение технологических оправок для намотки композитных конструкций летательных аппаратов .....	392
6.2.1. Общая характеристика технологических оправок .....	392
6.2.2. Многоразовые цельные и разборные стальные оправки .....	395
6.2.3. Многоразовые цельные и разборные надувные оправки .....	399
6.2.4. Многоразовые оправки для намотки криволинейных патрубков и труб .....	401
6.2.5. Одноразовые оправки с разрушаемой частью .....	405
Контрольные вопросы .....	410
<b>Заключение</b> .....	<b>412</b>
<b>Приложение. Примеры технических требований к методам контроля в конструкторской документации</b> .....	<b>414</b>
<b>Библиографический список</b> .....	<b>416</b>