

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные обозначения	8
Предисловие.....	10
<i>Глава 1</i>	
КРИОГЕННЫЕ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ РАЗГОННЫХ БЛОКОВ	15
<i>Глава 2</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАХОЛАЖИВАНИЯ ТРАКТОВ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК	34
2.1. Теплообмен при захолаживании криогенных систем	37
2.2. Экспериментальные исследования процессов захолаживания и запуска ДУ ...	43
2.2.1. Захолаживание магистралей ДУ малыми расходами компонентов топлива	44
2.2.2. «Горячий» запуск кислородно-углеводородного двигателя разгонного блока	54
2.2.3. Запуск разгонного блока с двигателем НМ7В	65
2.2.3.1. Результаты экспериментов	76
2.2.3.2. Обобщение результатов экспериментов	88
Обобщение результатов экспериментов по теплоотдаче	91
Кризис пленочного кипения	91
Теплоотдача в нагреваемом канале прямоугольного поперечного сечения	94
Теплоотдача в коллекторе и форсуночной головке	96
Гидравлические потери в коллекторе, форсуночной головке и форсунке	98
Критические расходы парожидкостного потока	99
<i>Глава 3</i>	
СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОЦЕССАХ ТЕПЛО- ОБМЕНА ПРИ КИПЕНИИ КРИОГЕННОЙ ЖИДКОСТИ	103
3.1. Экспериментальные исследования структуры парожидкостных потоков при плёночном кипении в каналах	106
Теплообмен и гидродинамика в стержневом режиме плёночного кипения	113
3.2. Математические модели стержневых режимов плёночного кипения	124
3.2.1. Стержневой автомоделный режим	125
3.2.2. Стержневой неавтомоделный режим	127
3.3. Математические модели в дисперсном режиме плёночного кипения	131

3.3.1. Дисперсные режимы плёночного кипения	136
3.3.1.1. Дисперсно-кольцевой режим плёночного кипения	136
3.3.1.2. Дисперсный режим плёночного кипения	139

Глава 4

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛЁНОЧНОГО КИПЕНИЯ	141
4.1. Экспериментальная установка. Конструкции экспериментальных участков	142
4.2. Визуальные исследования	149
4.3. Определение протяжённости зоны испарения жидкого азота в дисперсном режиме	154
4.4. Определение температуры пара при плёночном кипении криожидкостей в каналах	156
4.5. Методика экспериментального исследования влияния тепловой нестационарности стенки канала на теплоотдачу при плёночном кипении	162
4.6. Методика зондового измерения температуры пара в парокапельном потоке ..	163
4.7. Методика измерения параметров парожидкостного потока методом «гелиевого» индикатора	166
4.7.1. Теория метода	166
4.7.1.1. Методика обработки опытов	170
4.7.1.2. Определение профиля концентрации объёмных источников массы в сечении канала	171
4.7.2. Алгоритм проведения эксперимента при измерении массового паросодержания	172
4.8. Определение плотности теплового потока и температуры теплоотдающей поверхности	177
4.9. Методика измерения объёмного паросодержания	185
4.9.1. Измерение волоконно-оптическим датчиком	186
4.9.2. Измерение датчиком объёмного паросодержания	191

Глава 5

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛЁНОЧНОГО КИПЕНИЯ В ТРУБАХ	194
5.1. Режимы течения парожидкостного потока	195
5.2. Режимы течения и гидродинамические параметры потока	200
5.3. Основные параметры дисперсного потока	217
5.4. Обобщение результатов исследований	227
5.5. Обобщение результатов исследований в стержневых режимах плёночного кипения в каналах	230

Глава 6

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЗАХОЛАЖИВАНИЯ ТРАКТОВ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК	233
6.1. Струйные системы захлаживания	233
6.1.1. Методика экспериментального исследования взаимодействия струй жидкого азота с поверхностями	234

6.1.2. Взаимодействие сплошной струи с горячей поверхностью	237
6.1.3. Теплоотдача при взаимодействии мелкодисперсной струи с поверхностью	244
6.1.4. Обобщение результатов опытов по взаимодействию азотных струй с поверхностью	249
6.2. Захлаживание расходных магистралей ДУ с использованием струйных технологий	254
6.3. Использование кольцевых турбулизаторов потока	256
6.4. Уменьшение объёмного паросодержания при «горячем» запуске ДУ	258
6.5. Выбор материала трубопроводов и покрытий для увеличения температуры кризиса плёночного кипения	260

Глава 7

ТЕПЛООБМЕН И ГИДРОДИНАМИКА В КРИОГЕННЫХ БАКАХ РАЗГОННЫХ БЛОКОВ	270
7.1. Предстартовые операции	278
7.2. Работа маршевого двигателя	284
7.3. Поведение водорода после выключения двигателя	287
7.4. Параметры в баке водорода после отделения полезной нагрузки	290
7.5. Теплообмен в баках водорода и кислорода при проведении заключительных операций на блоке 12КРБ после отделения полезной нагрузки	290

Глава 8

КОНДЕНСАЦИЯ ПАРА В ТРАКТАХ РАСХОДНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ РБ	300
ЛИТЕРАТУРА	310