

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Предисловие .....                                                                                                                              | 6  |
| Глава 1. Распространение мощного импульса излучения<br>в атмосфере Земли .....                                                                 | 9  |
| 1.1. Нелинейное распространение в воздухе импульса<br>рентгеновского излучения .....                                                           | 9  |
| 1.1.1. Физический анализ нелинейных эффектов .....                                                                                             | 10 |
| 1.1.2. Распространение импульса рентгеновского излучения<br>в разреженной атмосфере .....                                                      | 14 |
| 1.1.3. Учет расходимости импульса рентгеновского<br>излучения .....                                                                            | 20 |
| 1.1.4. Эффект «необратимости луча» при распространении<br>в экспоненциальной атмосфере .....                                                   | 23 |
| 1.2. Распространение импульса СВЧ-излучения .....                                                                                              | 25 |
| 1.2.1. Состояние вопроса .....                                                                                                                 | 25 |
| 1.2.2. Физико-математическая модель нелинейного<br>распространения СВЧ-импульса .....                                                          | 27 |
| 1.2.3. Алгоритм и предварительные результаты расчета ...                                                                                       | 35 |
| 1.2.4. Численный анализ нелинейного распространения<br>СВЧ-импульса в атмосфере .....                                                          | 39 |
| Список литературы .....                                                                                                                        | 45 |
| Глава 2. Крупномасштабные эффекты в верхней атмосфере<br>при распространении релятивистского пучка<br>электронов от радиоактивной плазмы ..... | 47 |
| 2.1. Эмиссия бета-электронов из плазменного облака<br>в неоднородное магнитное поле .....                                                      | 50 |
| 2.1.1. Физический анализ задачи .....                                                                                                          | 50 |
| 2.1.2. Расчетная модель начальной стадии заширания<br>выхода бета-электронов из сферического источника .....                                   | 55 |
| 2.1.3. Эмиссия бета-электронов в неоднородное<br>магнитное поле .....                                                                          | 61 |
| 2.2. Численное моделирование динамики движения<br>бета-электронов по трубке тока .....                                                         | 71 |
| 2.2.1. Физический анализ задачи .....                                                                                                          | 72 |
| 2.2.2. Функция потерь энергии .....                                                                                                            | 78 |
| 2.2.3. Численные исследования токовой системы .....                                                                                            | 82 |
| Список литературы .....                                                                                                                        | 92 |

|                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Глава 3. Динамика плазменного сгустка и его взаимодействие с преградой</b> .....                          | 95  |
| 3.1. Состояние проблемы .....                                                                                | 95  |
| 3.2. Формирование и динамика тороидального плазменного сгустка при движении в вакууме .....                  | 97  |
| 3.3. Взаимодействие падающего и отраженного от преграды плазменных потоков .....                             | 105 |
| 3.3.1. Методы описания взаимопроникающих потоков и постановка задачи .....                                   | 105 |
| 3.3.2. Определение скоростей передачи импульса и энергии при упругих столкновениях частиц .....              | 108 |
| 3.3.3. Процессы, определяющие зарядовый состав плазмы .....                                                  | 111 |
| 3.3.4. Процессы, определяющие излучение плазменного сгустка .....                                            | 115 |
| 3.3.5. Общая структура численного алгоритма .....                                                            | 117 |
| 3.3.6. Численный анализ задачи .....                                                                         | 120 |
| 3.4. Исследование характеристик плазмы во взаимодействующих потоках .....                                    | 124 |
| 3.4.1. Динамические и ионизационные характеристики ....                                                      | 124 |
| 3.4.2. Электромагнитное поле в области взаимодействия сгустка с преградой .....                              | 134 |
| Список литературы .....                                                                                      | 152 |
| <b>Глава 4. Динамика и кинетика плазменных струй</b> .....                                                   | 155 |
| 4.1. Плазменная струя в геомагнитном поле .....                                                              | 156 |
| 4.1.1. Начальное ионизационно-термодинамическое состояние плазмы .....                                       | 156 |
| 4.1.2. Пространственно-динамические характеристики плазменной струи в начальной стадии расширения .....      | 158 |
| 4.1.3. Результаты расчета .....                                                                              | 166 |
| 4.1.4. Анализ поведения плазменной струи в эксперименте «Северная звезда» .....                              | 171 |
| 4.2. Динамика и кинетика лазерной плазмы .....                                                               | 175 |
| 4.2.1. Начальные параметры лазерной плазмы .....                                                             | 177 |
| 4.2.2. Динамика и кинетика лазерной плазмы при разлете в вакуум .....                                        | 180 |
| 4.2.3. Разлет лазерной плазмы в однородном магнитном поле .....                                              | 204 |
| 4.2.4. Фотоионизация фоновой среды излучением лазерной плазмы и электромагнитные процессы в фоновой среде .. | 213 |
| 4.2.5. Взаимодействие потоков лазерной плазмы .....                                                          | 239 |
| Список литературы .....                                                                                      | 249 |
| <b>Глава 5. Электрофизические процессы в воздухе при распространении пучков энергии</b> .....                | 253 |
| 5.1. Условия формирования в атмосфере проводящего канала .....                                               | 253 |
| 5.1.1. Оценка необходимого уровня концентрации электронов .....                                              | 254 |
| 5.1.2. Фотоионизация воздуха .....                                                                           | 256 |
| 5.1.3. Фотоионизация молекулярных примесей .....                                                             | 258 |

---

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1.4. О возможности подогрева фотоэлектронов .....                                                                                   | 259 |
| 5.1.5. Влияние аэрозоля .....                                                                                                         | 261 |
| 5.2. Возникновение разряда при распространении<br>сильноточного пучка электронов .....                                                | 263 |
| 5.2.1. Анализ условий эксперимента .....                                                                                              | 264 |
| 5.2.2. Распределение электрического поля и роль процессов<br>фотоионизации в формировании пространственной<br>структуры разряда ..... | 271 |
| Список литературы .....                                                                                                               | 280 |