

Пакет программ для согласованного моделирования движения и ИК излучения ракеты на активном участке полета

**А.К.Ким, В.Н.Лагуткин, Ф.А.Козин, Ю.В.Радченко, Ю.В.Слынько
(ОАО «МАК «Вымпел»)**

Назначение пакета программ:

согласованный расчет траекторных и сигнальных характеристик ракет на активном участке полета.

Основные входные данные:

- конструктивные параметры ракет,
- конструктивные и тяговые характеристики ракетных двигателей,
- параметры гетерогенных струй на срезе сопла,
- атмосферные параметры.

Состав пакета программ:

1. Модель движения ракеты на активном участке.
2. Модель пространственных распределений параметров факела ракеты.
3. Модель ИК излучения факела ракеты.
4. Модель прохождения излучения в атмосфере.

Основные выходные данные:

- координаты, скорость и ориентация ракеты в зависимости от времени,
- спектральная плотность силы ИК излучения и пространственное распределение яркости факела в зависимости от времени.



Входные параметры модели ИК излучения:

Параметры ракеты:

- тип ракетного двигателя (жидкостной - твердотопливный),
- массовый расход топлива
- радиус среза сопла
- угол полураствора сопла

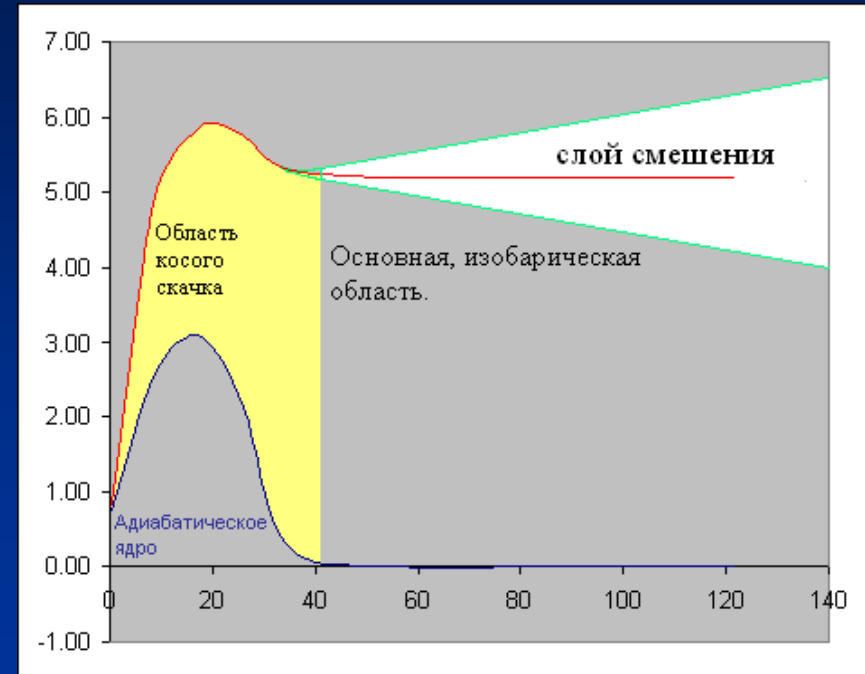
Параметры двухфазной струи на срезе сопла:

- параметры газа
 - скорость истечения
 - температура
 - давление
 - показатель адиабаты
 - массовые концентрации продуктов сгорания

параметры частиц:

- - скорость истечения
- - температура
- - параметры распределения частиц по размерам
- - массовая доля частиц в струе

Газодинамическая схема факела



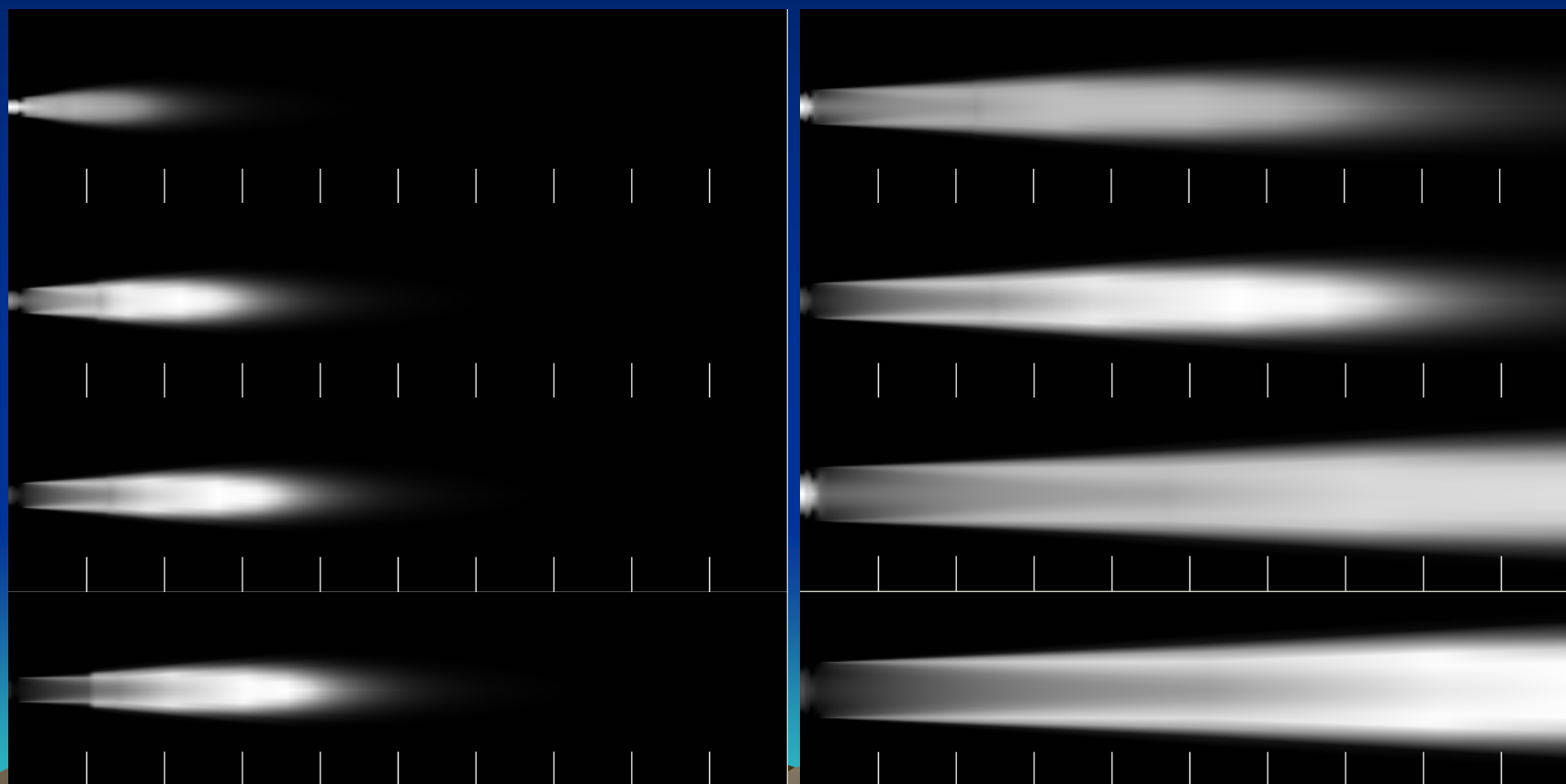
Основные физические факторы, учитываемые в модели ИК излучения

- сверхзвуковая скорость истечения продуктов сгорания из сопла,
- сильная вытянутость вдоль оси и осесимметричность струи,
- неизобаричность струи, вызванная тем, что давление на срезе сопла отличается от давления окружающей атмосферы,
- двухфазность струи, содержащей газ и частицы,
- многокомпонентность газа струи,
- распределение частиц по фракциям (размерам),
- неравновесность газа по степеням свободы и частиц по фракциям,
- смешение продуктов сгорания со спутным воздушным потоком, параметры которого зависят от высоты и скорости полета ракеты,
- догорание компонентов факела,
- процессы релаксации, включая химические реакции,
- зависимость процессов релаксации от высоты и скорости полёта,
- эффекты переноса излучения при многокомпонентном поглощении и рассеянии.



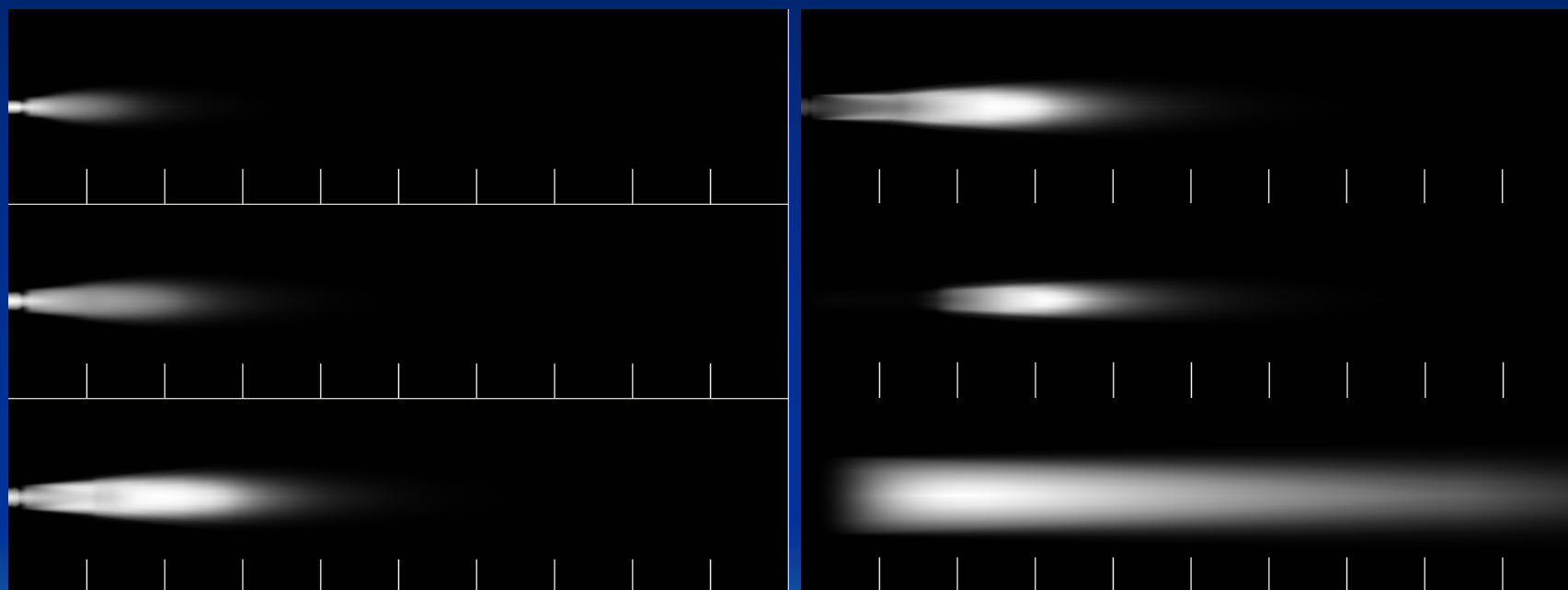
Яркость факела твердотопливной ракеты

($H = 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40$ км)



Яркость факела жидкостной ракеты

($H = 5, 10, 15, 20, 30, 40$ км)



Заключение

1. Разработан и программно реализован пакет программ для согласованного моделирования движения ракет на активном участке и ИК излучения их факелов

Программа расчета параметров сверхзвуковых струй ракет состоит из:

- блока расчета параметров струи: концентрации и температуры газовых составляющих и частиц,
- блока расчета процесса перемешивания струи со спутным потоком,
- блока расчета химических реакций.

Программа расчета ИК излучения факелов ракет состоит из:

- блока расчета спектральной плотности яркости собственного излучения со спектральным разрешением 0.025 мкм.
- блока расчета спектральной плотности яркости рассеянного излучения от внешних источников.

2. Разработана и программно реализована система автоматического тестирования основных блоков модели.
3. Проведено исследование химической кинетики догорания газовой смеси струи в атмосфере с учетом вариаций констант скорости реакций, набора уравнений реакций, высоты и температуры.
4. Получены примеры расчетных функций яркости в зависимости от высоты для жидкостной и твердотопливной ракет.

