



Московский Физико-Технический Институт

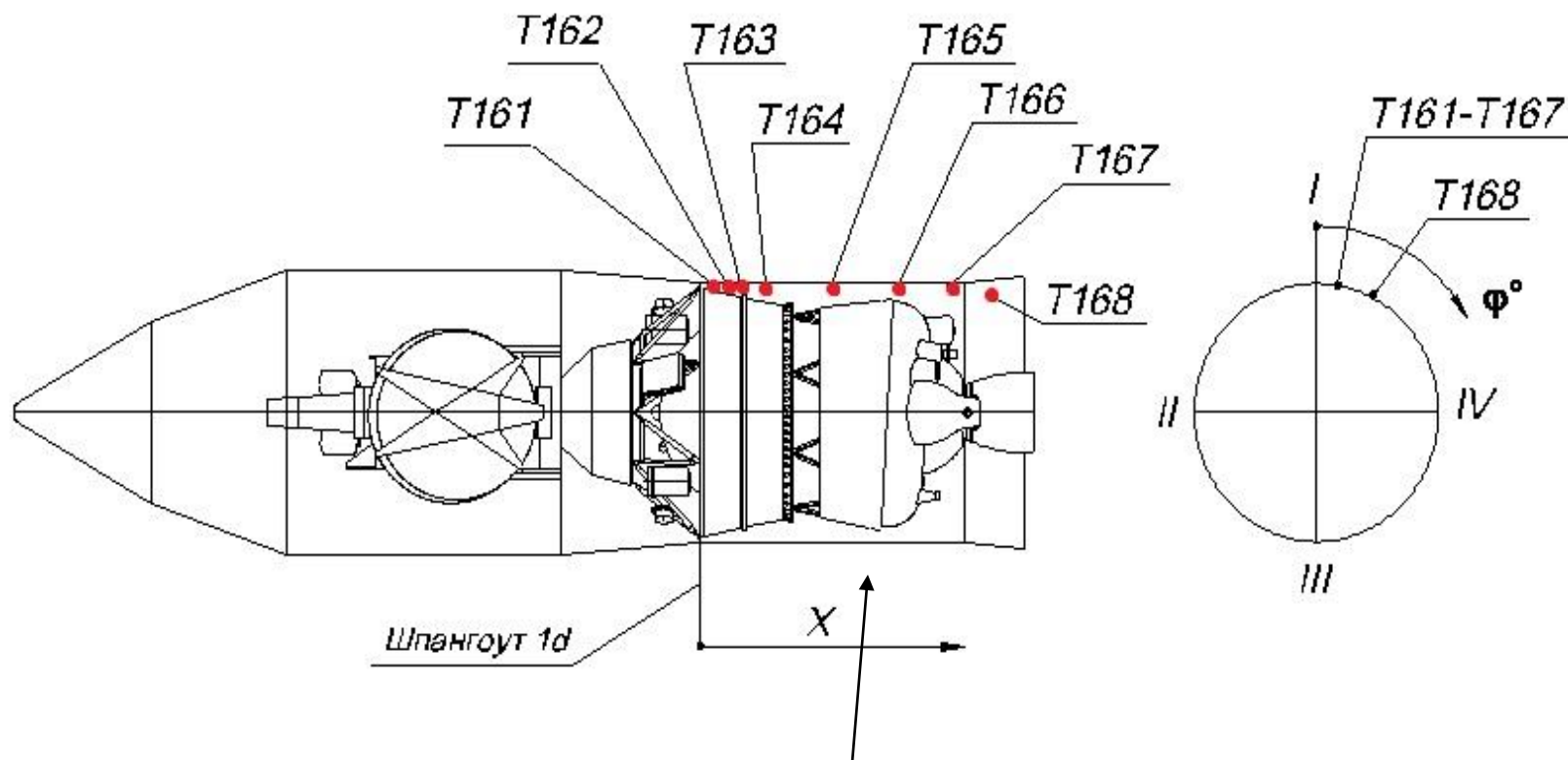
Определение теплового потока к поверхности разгонного блока с помощью решения обратной задачи теплопроводности

Шестакова Е.С.

Абрау-Дюрсо 2013

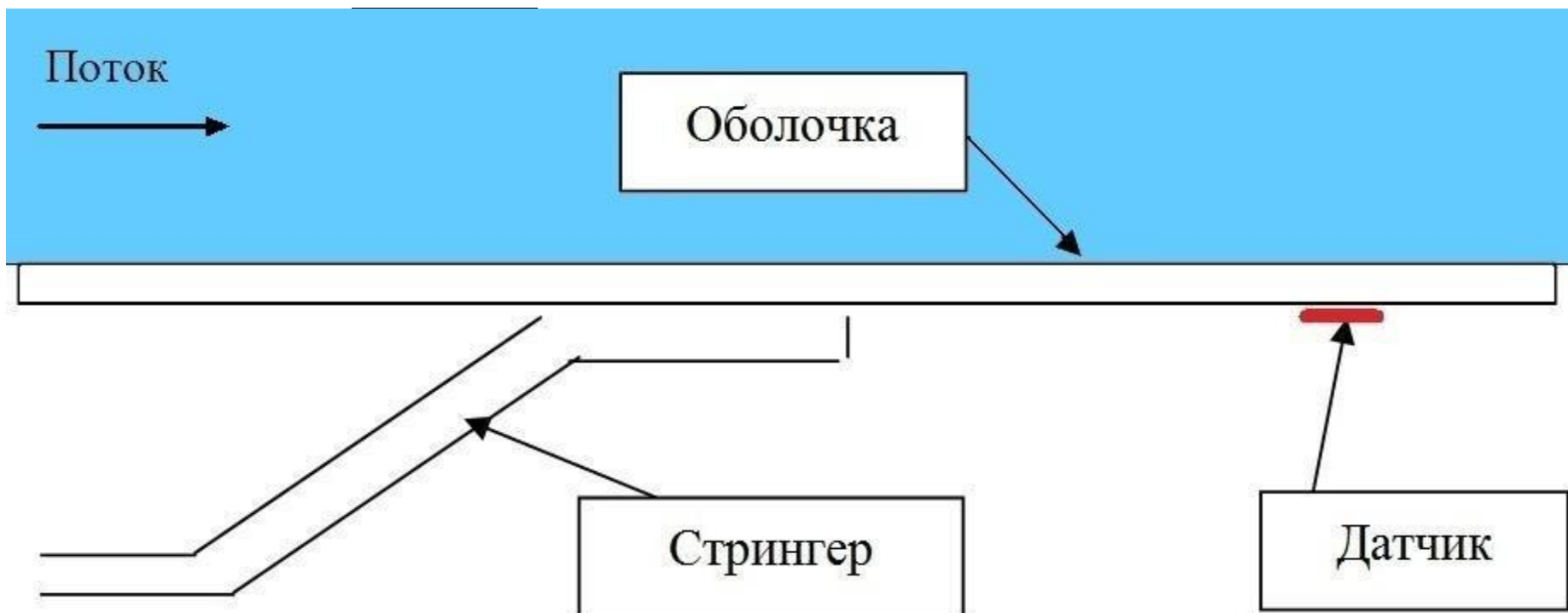
Зенит-3СЛБ

Зона измерений

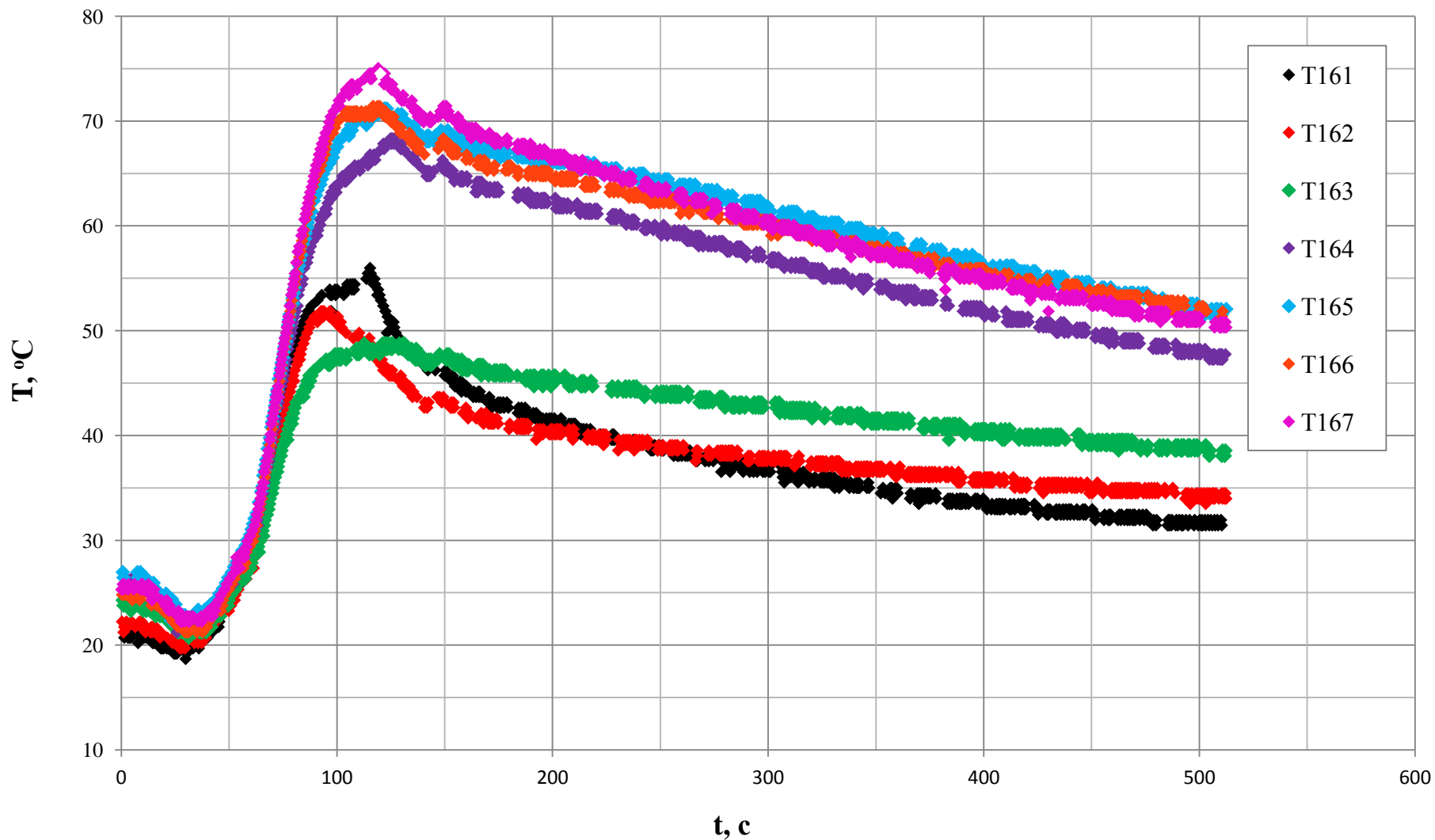


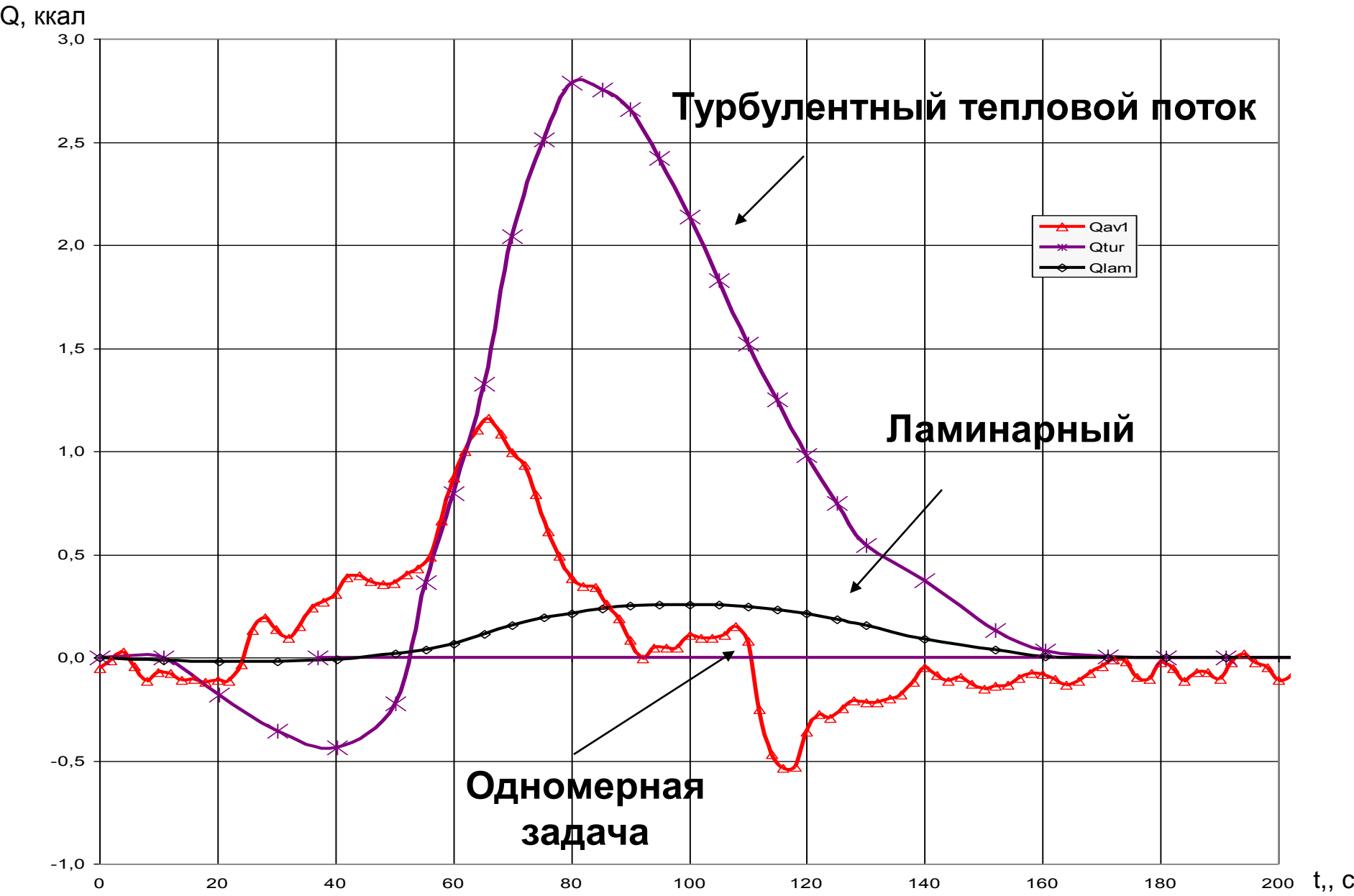
Разгонный блок

Схема расчетной области



Распределение температур для миссии Amos-3





Задача теплопроводности

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) = 0$$

$$T(0, x, y) = T_0(x, y) \quad \text{— начальные условия}$$

$$T|_{y=0} = T_w(t) \quad \text{— граничные условия}$$

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=Y} = Q_w(t) = ?$$

$$\text{невязка} \quad \varepsilon(Q_w) = \frac{1}{2} \int_t (T_{x=0}^{\text{exp}}(t) - T_{x=0}(t))^2 dt \rightarrow \min$$

$$\text{новые параметры} \quad Q_w^{n+1} = Q_w^n - \beta^n \text{grad}(\varepsilon^n)$$

Сопряженная задача

$$\rho C \frac{\partial \Psi}{\partial t} + \lambda \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \lambda \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} = 0$$

$$\lambda \frac{\partial \Psi}{\partial y} \Big|_{y=0} = (T^{\text{exp}}(t) - T(0, t)) \quad \text{— граничные условия}$$

$$\lambda \frac{\partial \Psi}{\partial y} \Big|_{y=Y} = 0; \lambda \frac{\partial \Psi}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0; \lambda \frac{\partial \Psi}{\partial x} \Big|_{x=X} = 0$$

$$\rho C \Psi(t, x) \Big|_{t=t_f} = 0 \quad \text{— финальное условие}$$

вариация функционала

$$\Delta \varepsilon(Q_w) = - \int_x \int \lambda \frac{\partial \Delta T}{\partial y} \Psi \Big|_{y=Y} dt dx = - \int_x \int \Delta Q_w(t) \Psi dt dx$$

$$\nabla \varepsilon(Q_w) = - \int_x \Psi dx \quad \text{— градиент функционала}$$

Относительные тепловые потоки миссии Amos3 для датчиков T161 и T167

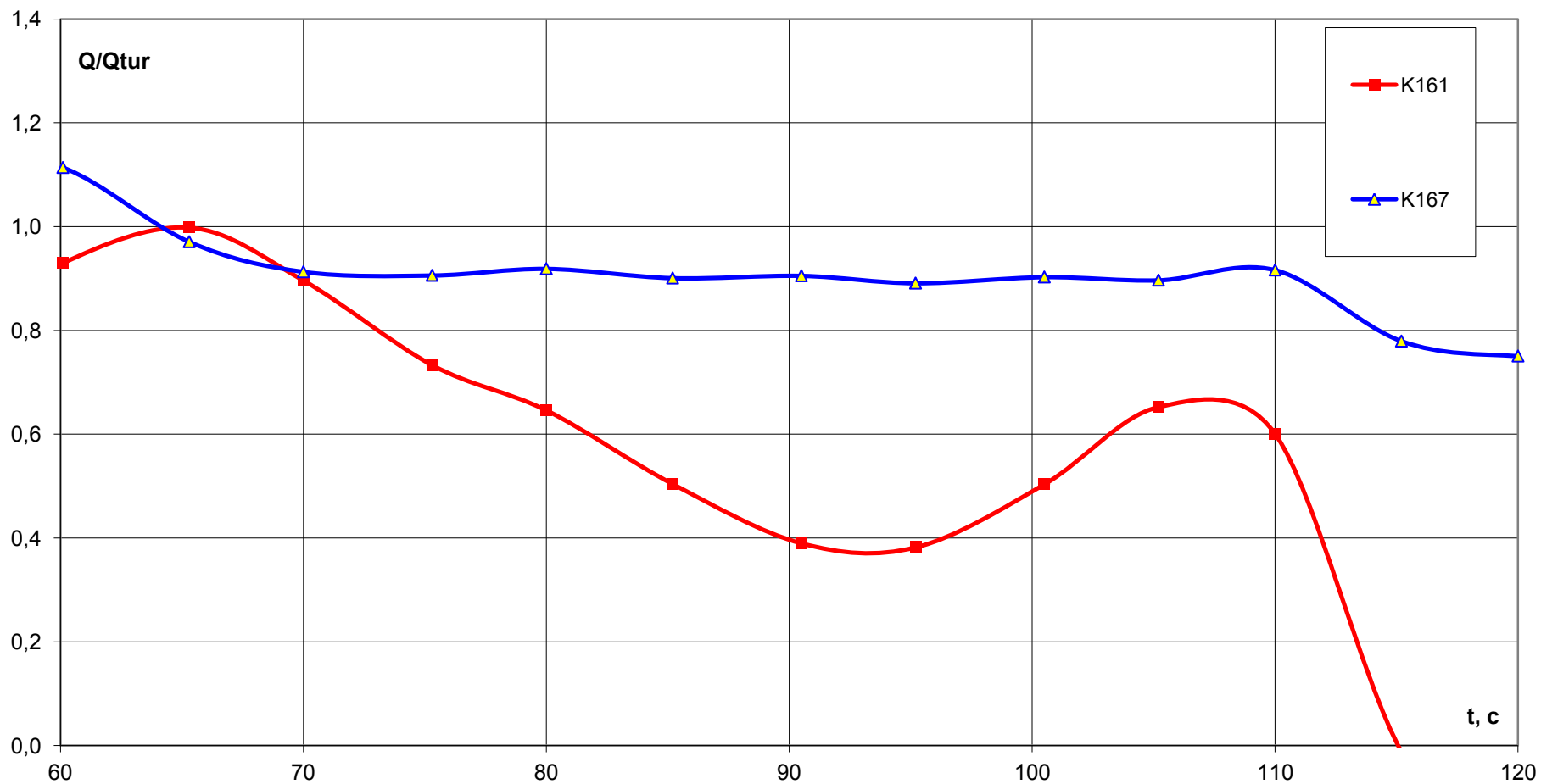


Таблица коэффициентов турбулентности

	T161	T162	T163	T164	T165	T166	T167
amos	0,79	0,68	0,49	0,775	0,825	0,91	0,94
telstar	0,645	0,585	0,555	0,735	0,75	0,885	0,92
measat	0,69	1,04	1	0,69	0,9	1,05	1
intelsat-15	0,565	0,58	0,365	0,555	0,8	0,8	0,73
intelsat-18	0,61	0,55	0,51	0,77	0,81	0,89	0,93
average	0,66	0,687	0,584	0,705	0,817	0,907	0,904

Заключение

- ✓ проведен анализ летных испытаний на 5 миссиях;
- ✓ процесс реламинаризации важен в теплообмене на поверхности разгонного блока;
- ✓ по предварительным оценкам наблюдаемые тепловые потоки могут быть объяснены наличием перемежаемости турбулентного и ламинарного режимов.



Московский Физико-Технический Институт

Определение теплового потока к поверхности разгонного блока с помощью решения обратной задачи теплопроводности

Шестакова Е.С.

Абрау-Дюрсо 2013