

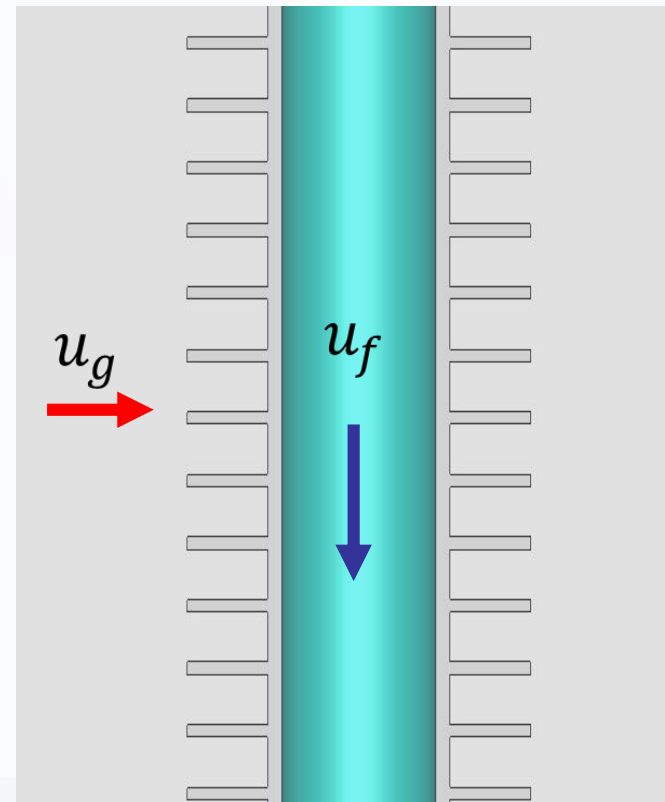
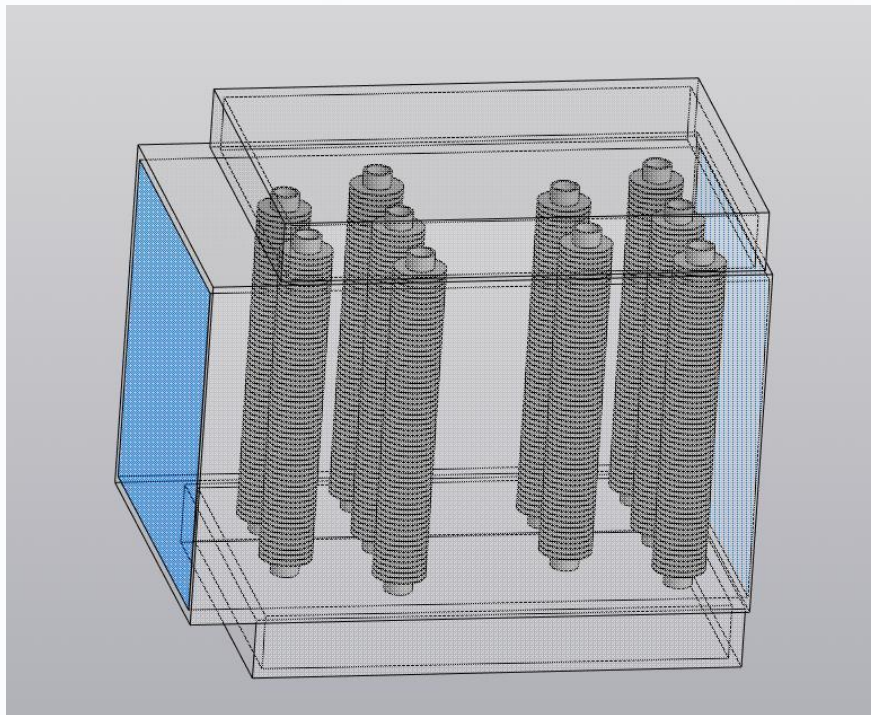
Численное исследование процессов охлаждения и аэродинамического сопротивления ребренных трубчатых элементов

Гиззатуллина А.Ф.¹, Королева М.Р.², Чернова А.А.¹

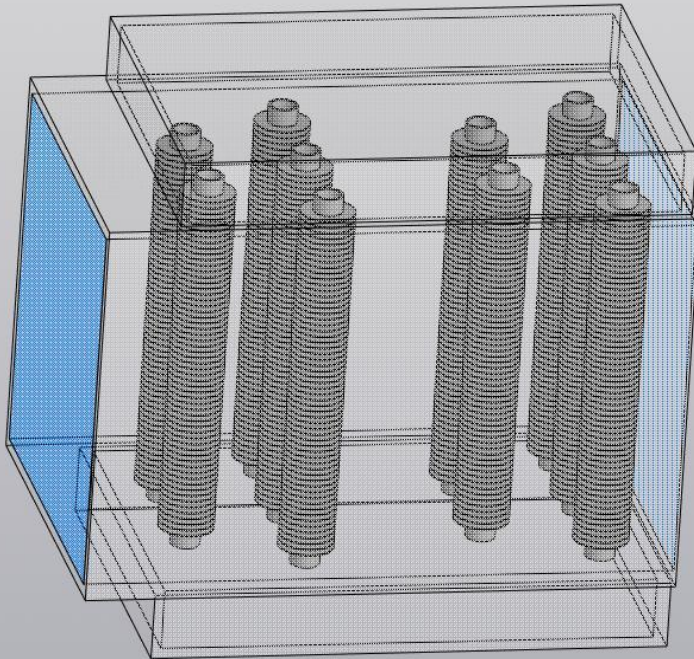
¹ФГБОУ ВО Ижевский государственный технический университет имени
М.Т. Калашникова

²ФГБУН Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН

Постановка задачи

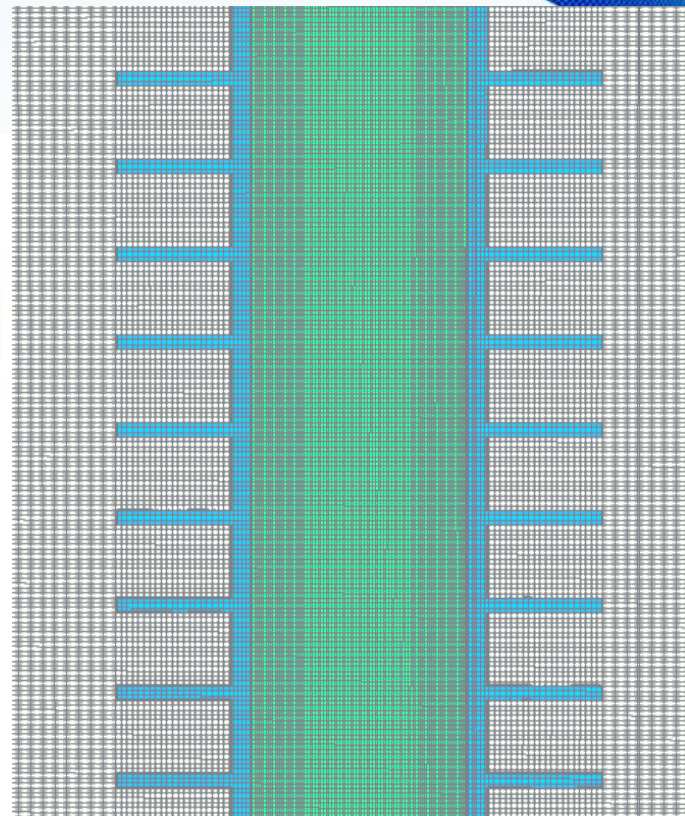
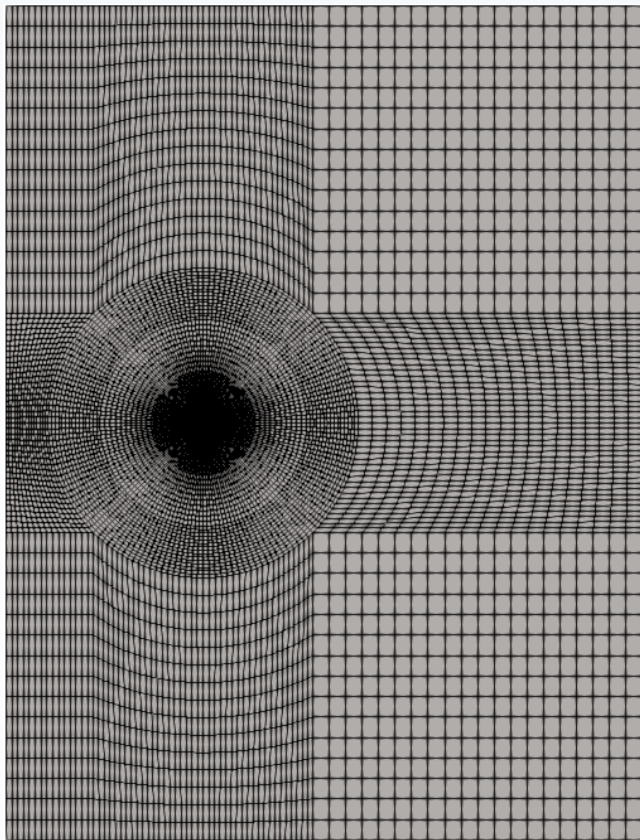


Постановка задачи



Параметр	Значение
Этиленгликоль	
Плотность	1200 кг/м ³
Теплоемкость	2900 Дж/(кг*К)
Кинематическая вязкость	0,2 мм ² /с
Теплопроводность	0,32 Вт/(м*К)
Воздух	
Теплоемкость	1004-1013 Дж/(кг*К)
Динамическая вязкость	15,7-20,1 мкПа*с
Теплопроводность	0,022-0,029 Вт/(м*К)
Алюминий	
Плотность	2697 кг/м ³
Теплоемкость	880 Дж/(кг*К)
Теплопроводность	220 Вт/(м*К)

Дискретизация расчетной области



Математическая модель сопряженной задачи теплообмена

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho u_i}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i u_j}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \mu \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \delta_{ij} \right) + F_i \quad (2)$$

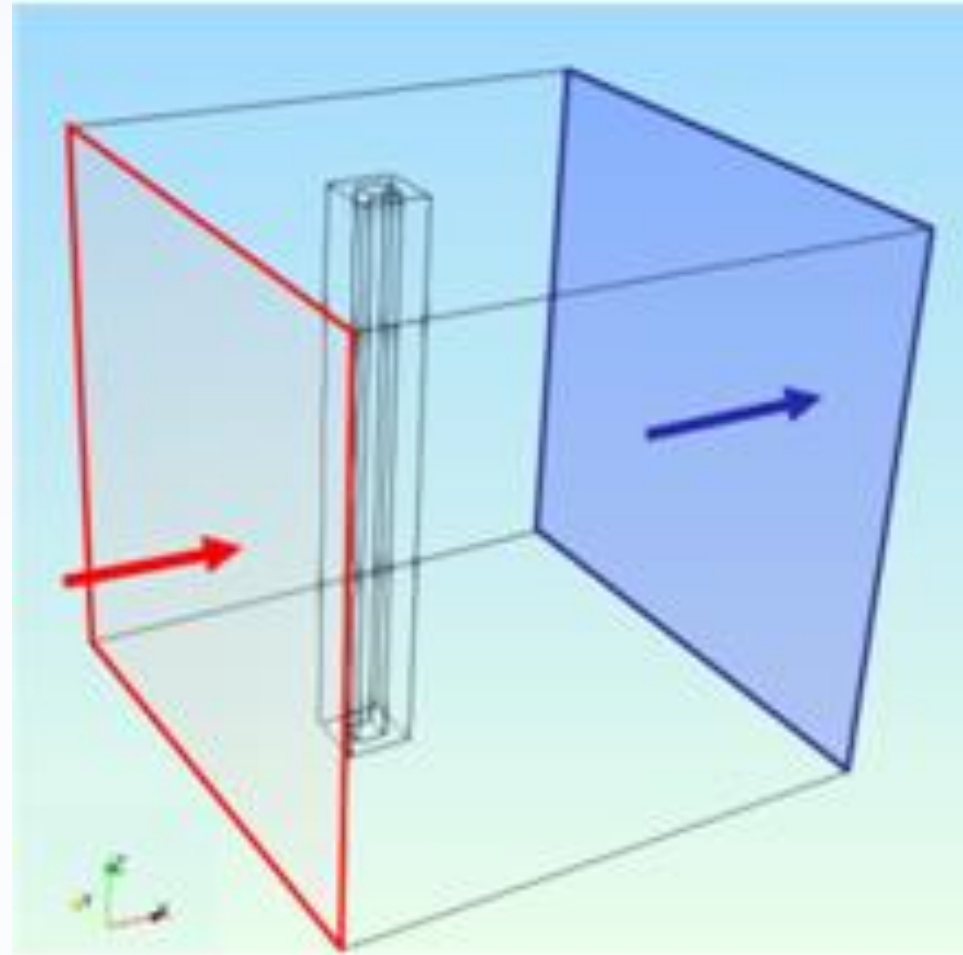
$$\frac{\partial \rho E}{\partial t} + \frac{\partial \rho E u_j}{\partial x_j} = -\frac{\partial \rho u_j}{\partial x_j} + \frac{\partial u_i \tau_{ij}}{\partial x_j} + \frac{\partial q_j}{\partial x_j} + F_i u_i \quad (3)$$

$$p = \rho R T, \quad (4)$$

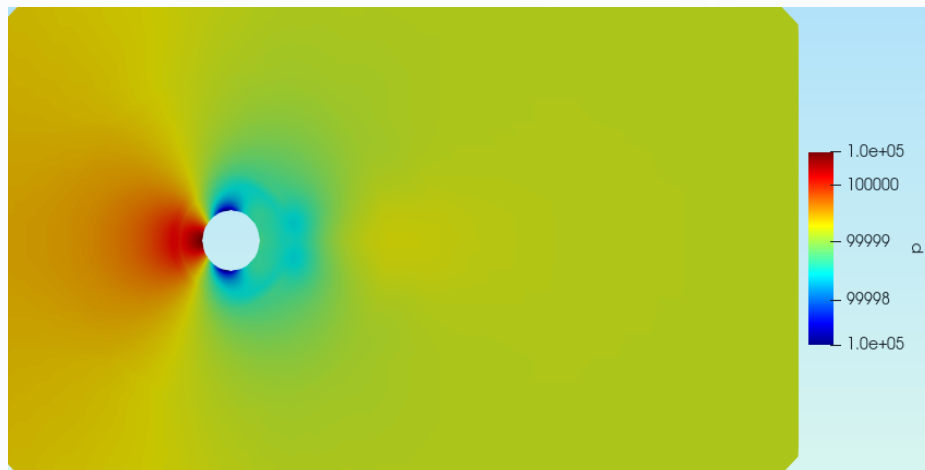
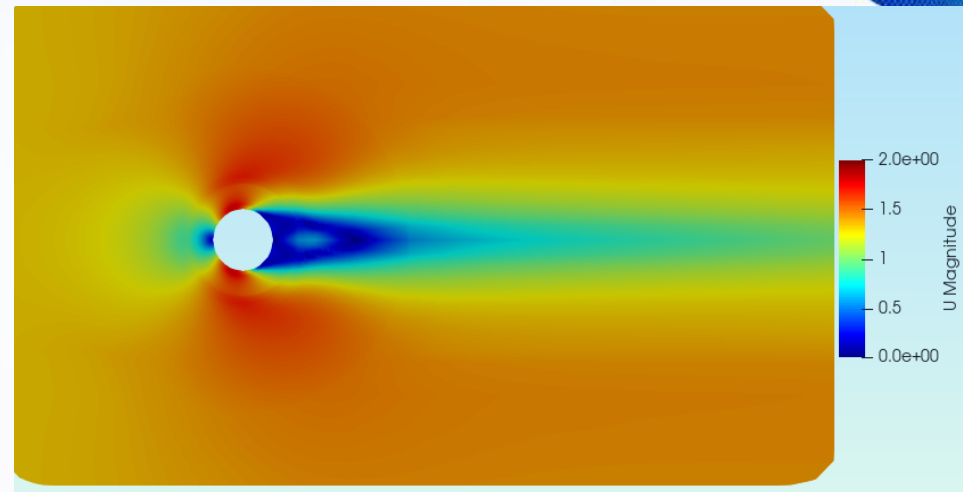
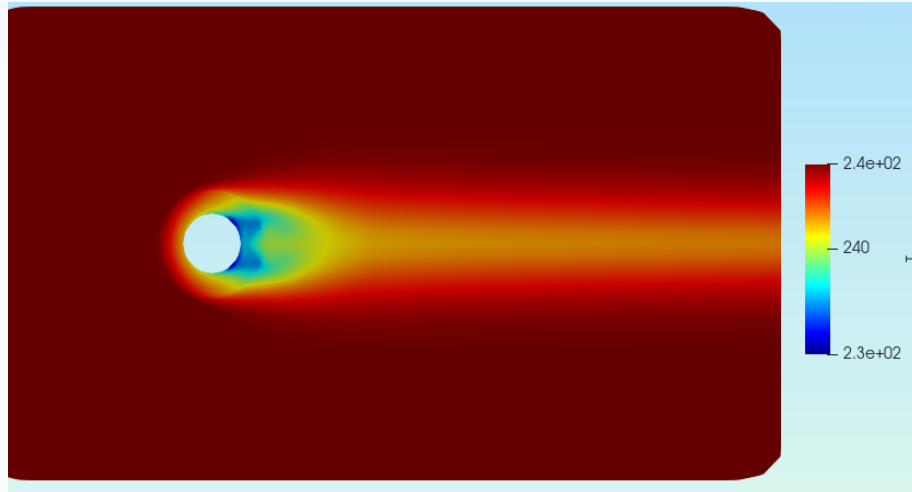
$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (\lambda \nabla T). \quad (5)$$

Граничные условия

- во входном сечении и на верхней границе задавались скорость и температура набегающего потока;
- в выходном сечении — условия нулевого градиента для скорости и температуры, фиксированное значение давления;
- на твердых поверхностях не участвующих в теплопередаче — условия прилипания для скорости и нулевого градиента для температуры и давления;
- на границах сопряжения — граничные условия 4 рода включающие равенство температур стенок и тепловых потоков.

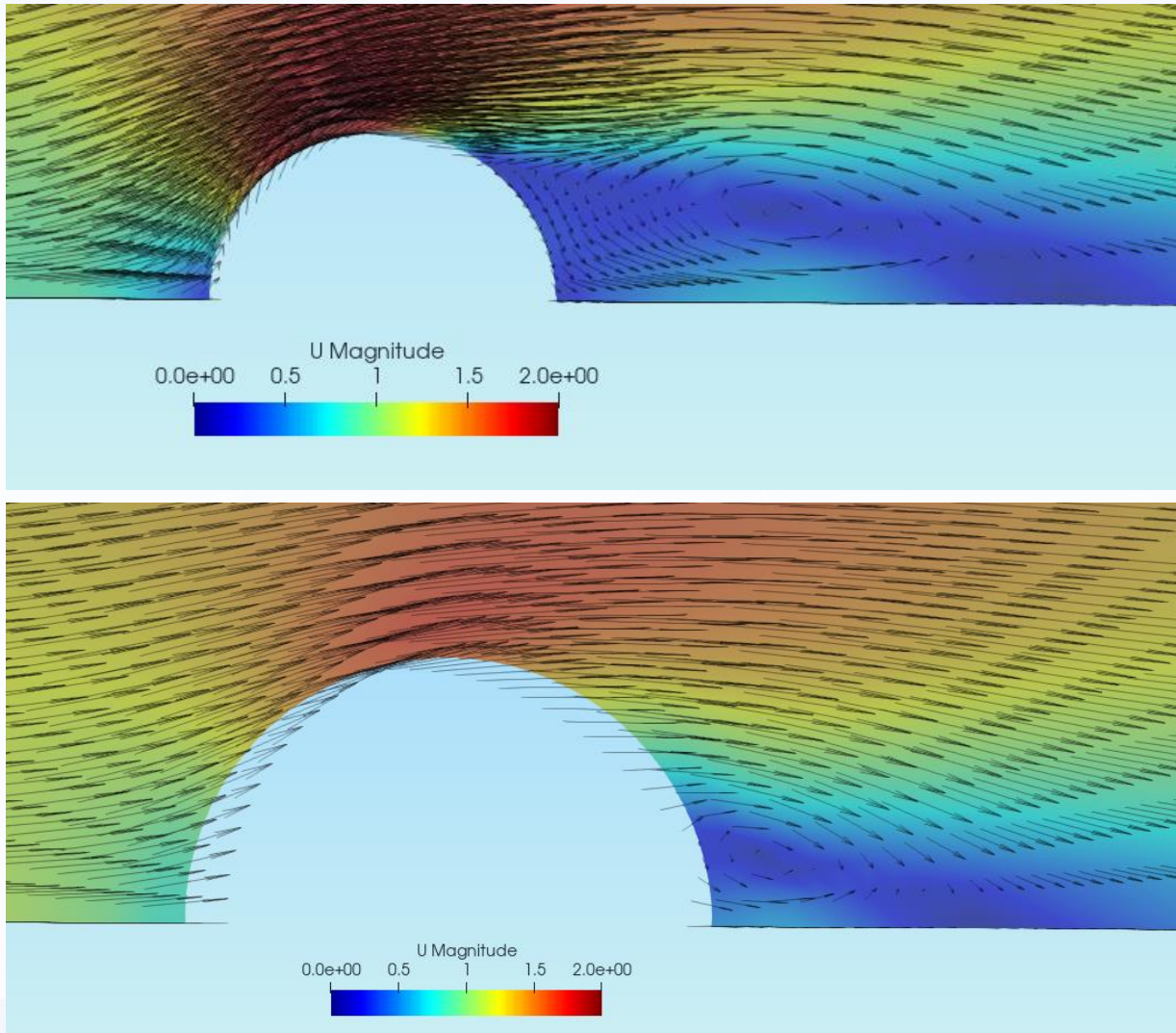


Распределение температуры, скорости, давления газа

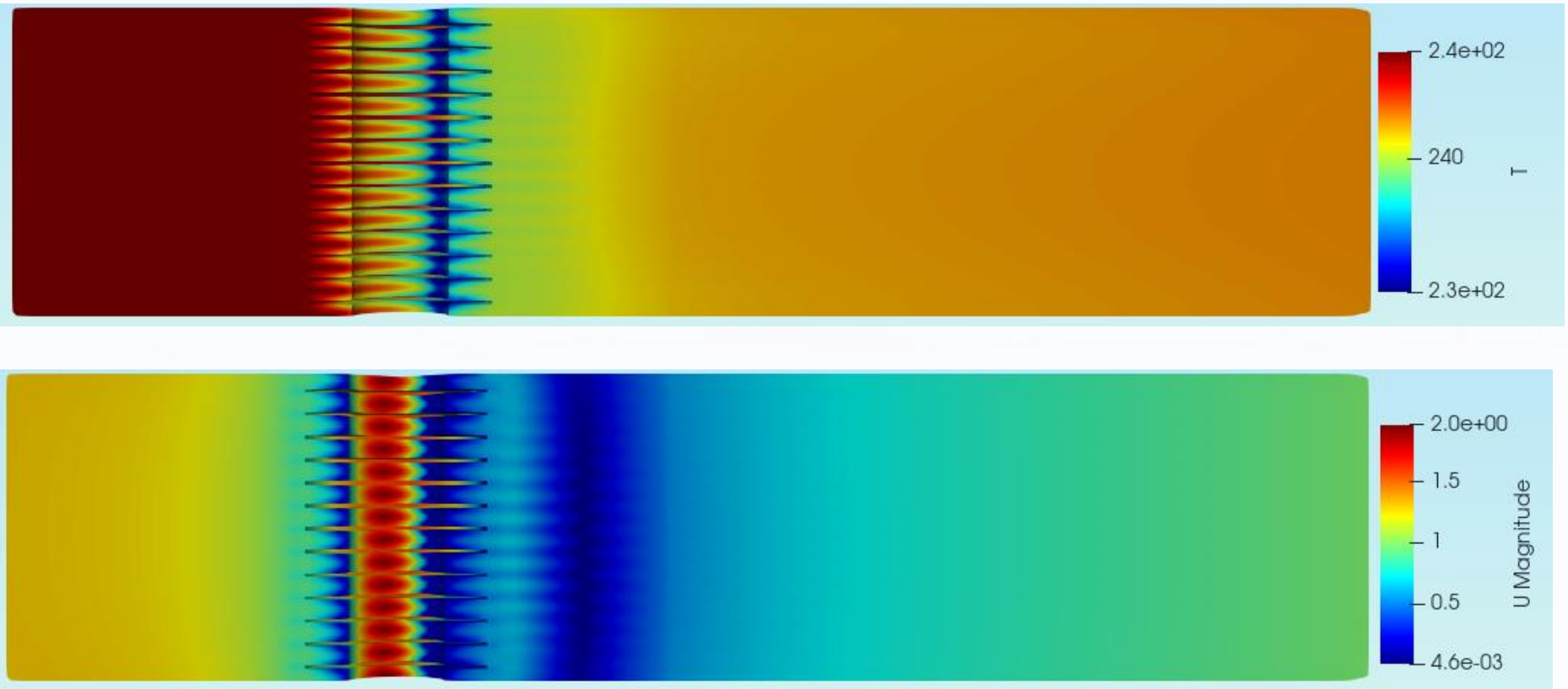


№п/п	$T^*, ^\circ\text{C}$	$V, \text{м/с}$	$\Delta T, ^\circ$
1	62,5	8,5	4,76
2	-28,4	1,3	6,14
3	62,5	8,5	3
4	62,5	8,5	5,1
5	-4,2	6,5	5,2
6	-22,9	3,7	4,4
7	62,5	8,5	5,73
8	-4,2	6,5	4,5
9	-22,9	3,7	4,8

Структура течения газа вокруг оребренной трубки

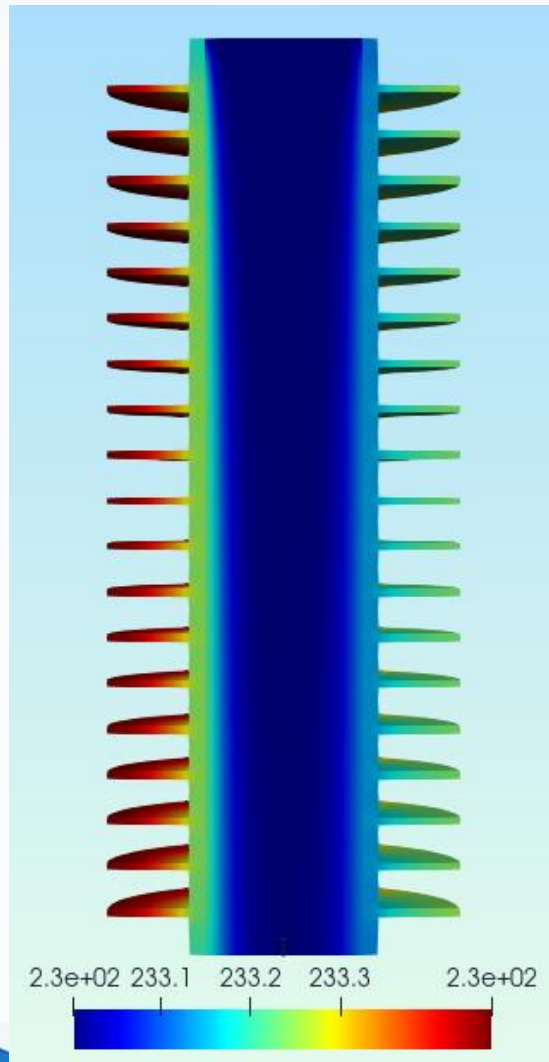


Распределение температуры и скорости за трубкой

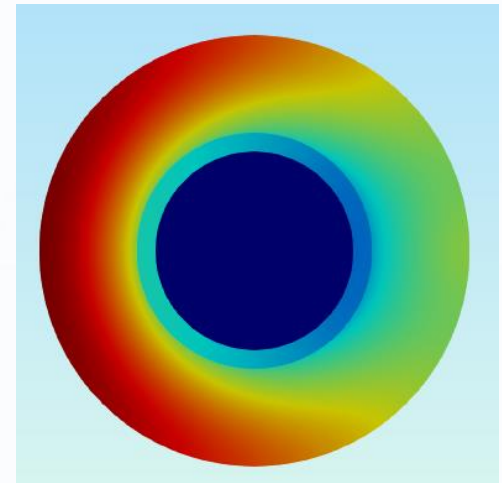
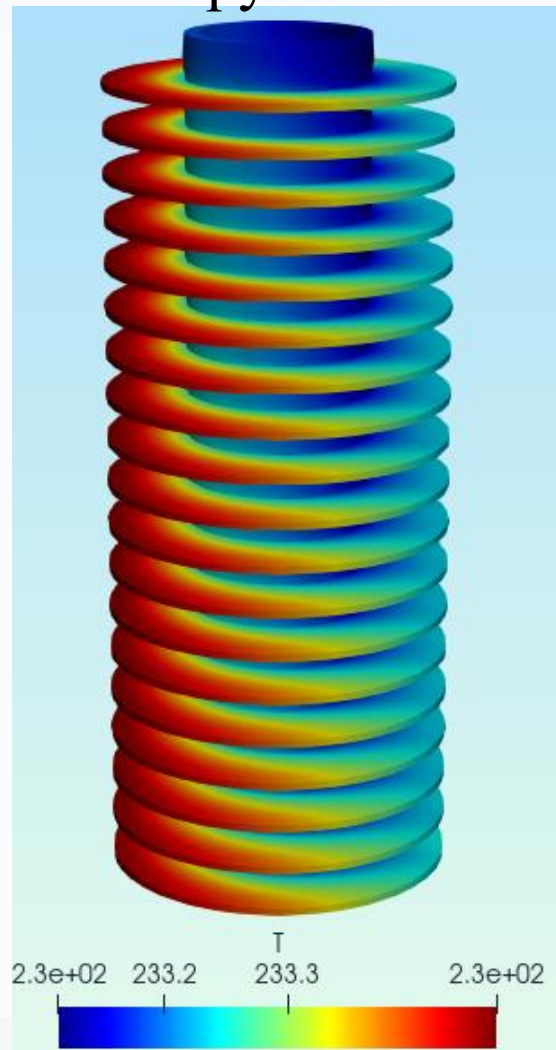


Распределение температуры

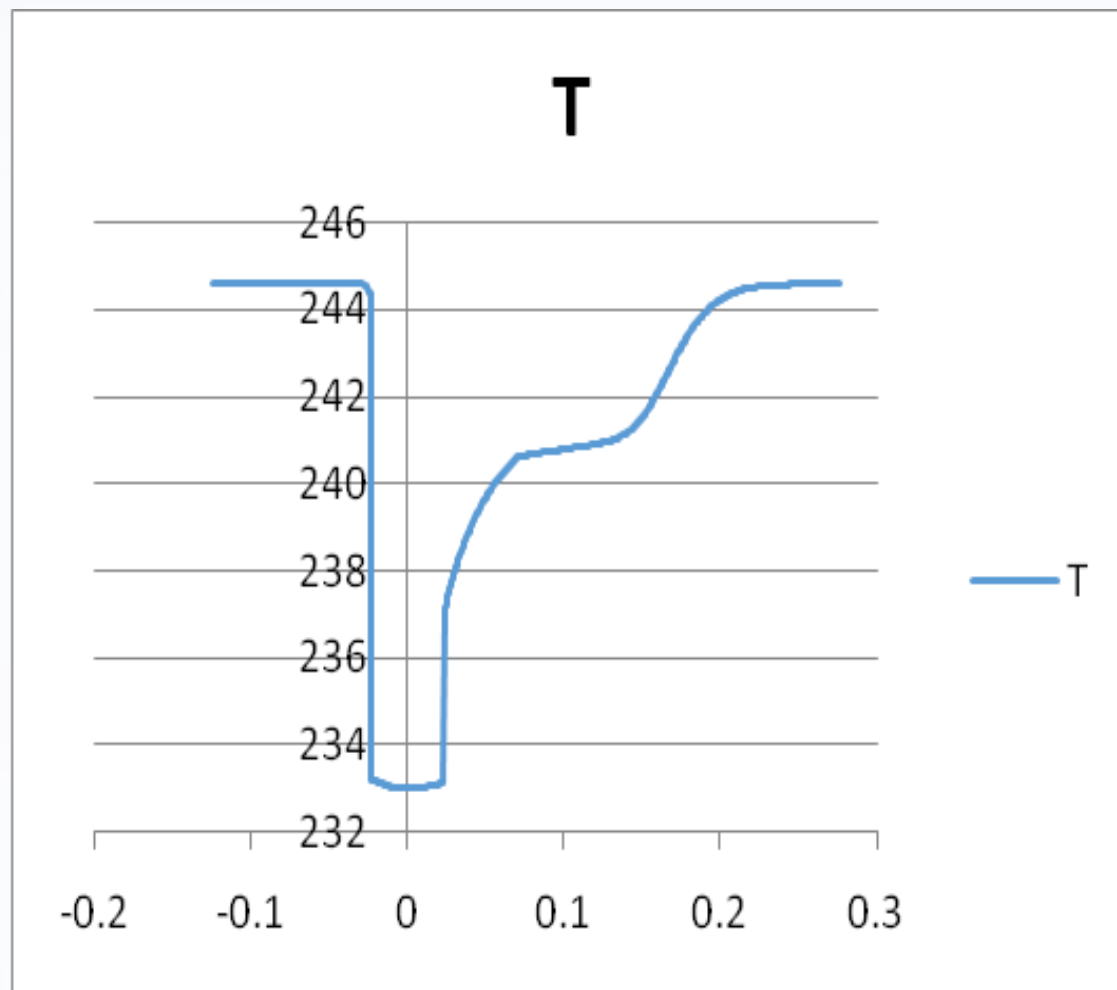
в жидкости



в трубке



Обобщенный температурный профиль в продольном сечении по ребру трубки



Заключение

- исследованы теплоэффективность и аэродинамические характеристики одиночного оребренного трубчатого элемента конвективного теплообменного аппарата при его эксплуатации на экстремальных режимах при контролируемом уровне потерь давления;
- описаны характерные топологические особенности реализуемых режимов обтекания потоком газа оребренного элемента;
- выявлена низкоскоростная область течения за оребренной трубкой, характеризующаяся повышением температуры газового потока;
- показано, что температурное поле в трубке и жидкости является результатом внешнего аэродинамического течения и заданным перепадом температур газ/хладагент;
- определены зоны максимального прогрева (теплоотдачи) трубки и охладителя.