

Численное моделирование параметров искусственного облака в рабочей части аэрохолодильной трубы

М.В.Тимофеева

Московский физико-технический институт (государственный университет),

Центральный аэрогидродинамический институт им. Н.Е. Жуковского

Замерзающие на поверхности обшивки летательного аппарата капли воды, содержащиеся в переохлаждённом состоянии в облаке или в дожде, могут оказать негативное влияние на аэродинамические характеристики аппарата. В связи с этим для моделирования процесса обледенения в полёте используются различные наземные стенды и аэрохолодильные трубы.

В данной работе исследуются параметры искусственного облака (концентрация, температуры, размеры и скорости частиц) в рабочей части всесезонной аэрохолодильной установки ЦАГИ. Проводится исследование процесса обледенения путём построения физико-математической модели, описывающей динамику движения и тепломассообмен переохлаждённых капель в потоке аэрохолодильной трубы при различных положениях распыляющей их форсунки.

В соответствии с экспериментальными данными предполагается, что функция распределения по размерам капель, вылетающих из форсунки, описывается логарифмически-нормальным распределением со средним значением диаметра $\langle d \rangle = 20 \mu\text{м}$ и заутеровским диаметром $\langle d_{32} \rangle = 60 \mu\text{м}$. Изучается пространственная сепарация капель, определяется пространственное распределение капель различных размеров по сечению рабочей части установки. Численное моделирование проводится как с использованием программного пакета Ansys CFX, так и собственной программы, написанной на языке Си++.

Решение системы уравнений динамики и тепломассообмена капель проводится методом Рунге-Кутты четвёртого порядка точности. Распределения пучка частиц задаётся с использованием численного метода Неймана моделирования случайных величин. В рамках Эйлера-Лагранжевой модели определяется удельный массовый расход частиц и их концентрация вдоль выходного сечения трубы.

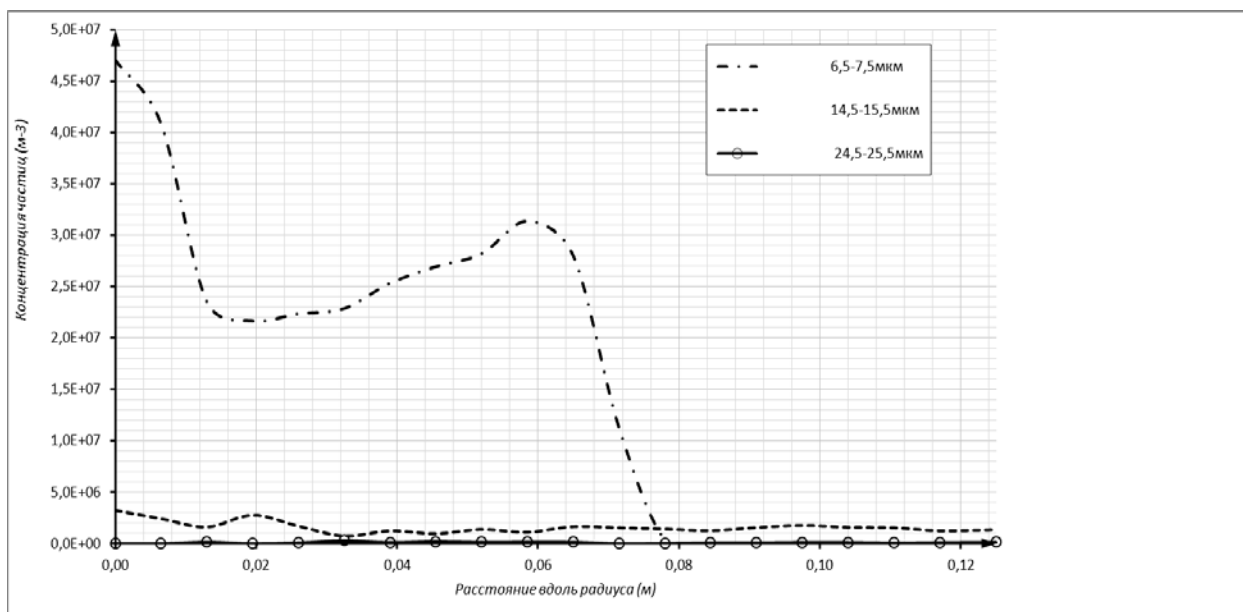


Рис.1. Распределение концентрации для трёх диапазонов размеров частиц вдоль радиуса выходного сечения трубы

Показано, что результаты расчётов траекторий капель и характеристик двухфазного потока хорошо согласуются с результатами экспериментов.

Литература

1. Тенишев Р.Х. Противообледенительные системы летательных аппаратов/Под ред. канд. техн. Наук Р.Х. Тенишева. М.: Машиностроение. 1967.
2. Миллер А.Б., Гринац Э.С., Жбанов В.А., Потапов Ю.Ф., Стасенко А.Л. Экспериментально-теоретическое исследование диспергирования жидкостей в сносящем потоке // Программа 58-й научной конференции МФТИ. М.: МФТИ, 2015. — 94 с.