

# Течение полидисперсной парокапельной смеси в канале сопла Вентури

А.Л. Тукмаков<sup>1,2</sup>, С.Н. Арсланова<sup>1</sup>, Н.А. Тукмакова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ, Россия

<sup>2</sup>ИММ – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Россия

## Аннотация

Работа посвящена исследованию гидро- и термодинамики полидисперсной парокапельной смеси в канале сопла Вентури. Для описания движения полидисперсной смеси с несущей паровоздушной средой применяется модель многоскоростного многотемпературного континуума. В результате расчётов получены термо- и гидродинамические характеристики течения парокапельной смеси с учётом процессов дробления, коагуляции, нагрева и испарения капель, конденсации пара.

## Введение

Сопло Вентури используется в различных технических устройствах, в частности, для диспергирования жидкости в инжекторных агрегатах. Другое применение связано с очисткой запыленных газов, содержащих мелкодисперсные трудноизвлекаемые из потока частицы, равновесные по скорости с несущей средой. Также сопло Вентури, наряду с нормальными соплами и диафрагмами, применяется для измерения переменного расхода жидкостей, газа и пара в трубопроводах.

## Постановка задачи и методика исследования

Движение несущей двухкомпонентной односкоростной среды описывается системой уравнений Навье-Стокса для вязкого сжимаемого теплопроводного газа с двумя уравнениями неразрывности – для газовой и паровой компоненты, уравнениями сохранения составляющих импульса смеси и уравнением сохранения тепловой энергии. Каждая дисперсная фаза описывается системой уравнений, куда входят уравнение неразрывности для средней плотности дисперсной фракции, уравнения сохранения компонент импульса, уравнение сохранения тепловой энергии. Системы уравнений для описания движения несущей среды и дисперсной фазы учитывают межфазный обмен массой, импульсом и энергией. Системы уравнений записываются в обобщённых криволинейных координатах и решаются явным методом Мак-Кормака второго порядка с расщеплением пространственного оператора по направлениям и со схемой нелинейной коррекции. Движение полидисперсной парогазокапельной смеси моделируется с учётом процессов дробления, коагуляции, нагрева и испарения капель, конденсации пара [1].

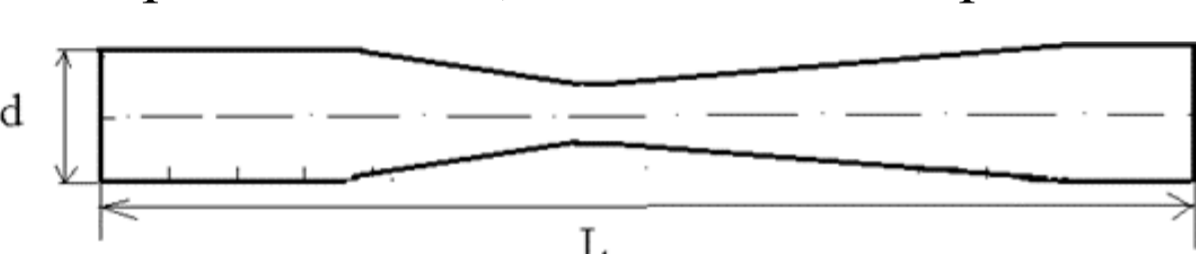


Рисунок 1 – Геометрия расчётной области, представляющей собой осесимметричное сопло Вентури

Дисперсная фаза образована пятью фракциями капель воды с начальными размерами  $R = 1, 10, 20, 50$  и  $100$  мкм. Начальная температура капель и несущей среды составляет  $T = 300$  К. Начальная скорость потока  $u$  составляет  $45$  м/с.

## Результаты

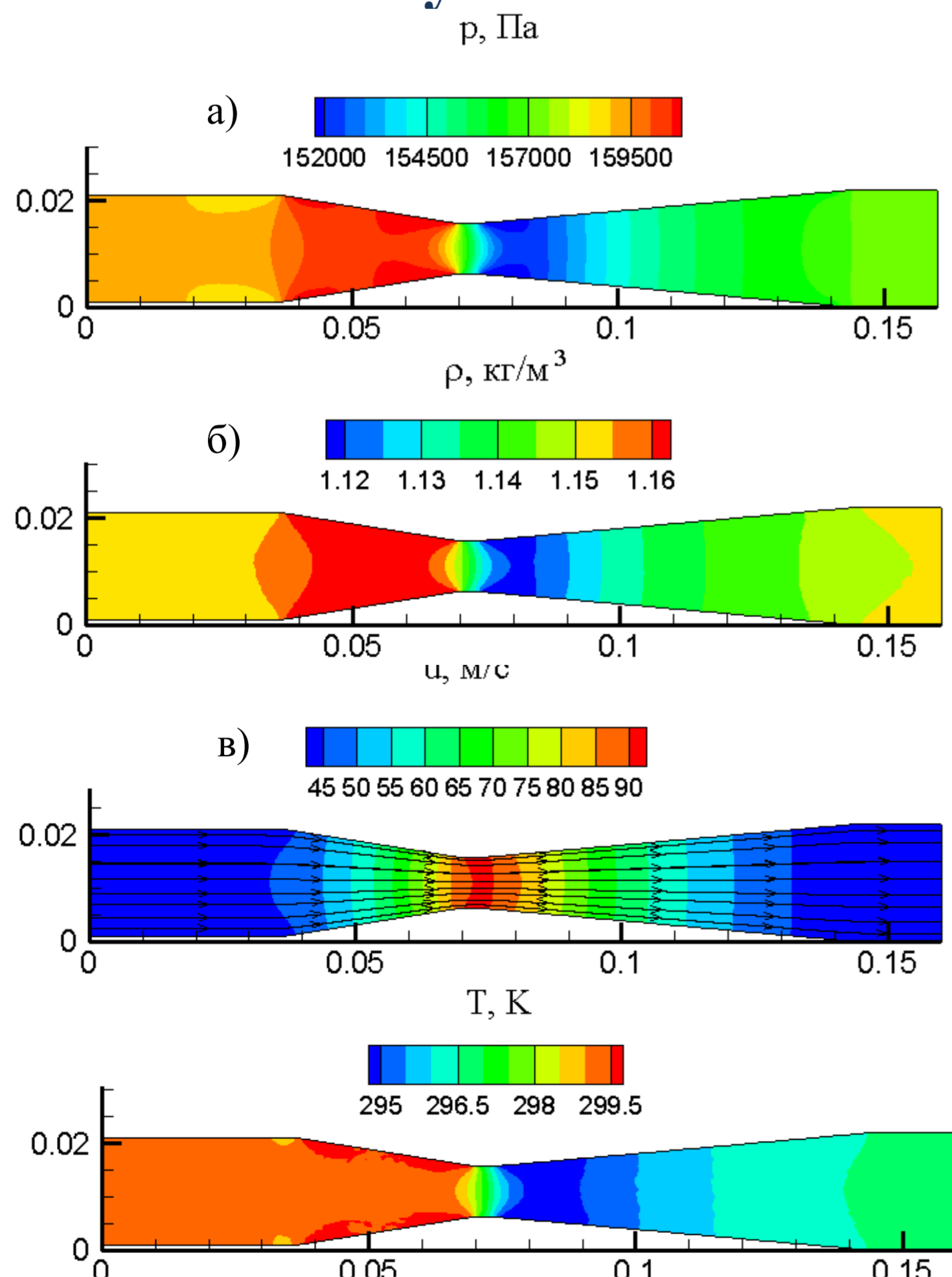


Рисунок 2 – Пространственное распределение давления (а), плотности (б), продольной составляющей скорости (в), температуры (г) двухкомпонентной смеси к моменту времени  $t = 8,54 \cdot 10^{-3}$  с

1. А.Л. Тукмаков, Н. А. Тукмакова Динамика полидисперсной парокапельной смеси с учётом дробления, коагуляции, испарения капель и конденсации пара // ТВТ. 2019. Т. 57. № 3. С. 437—445.

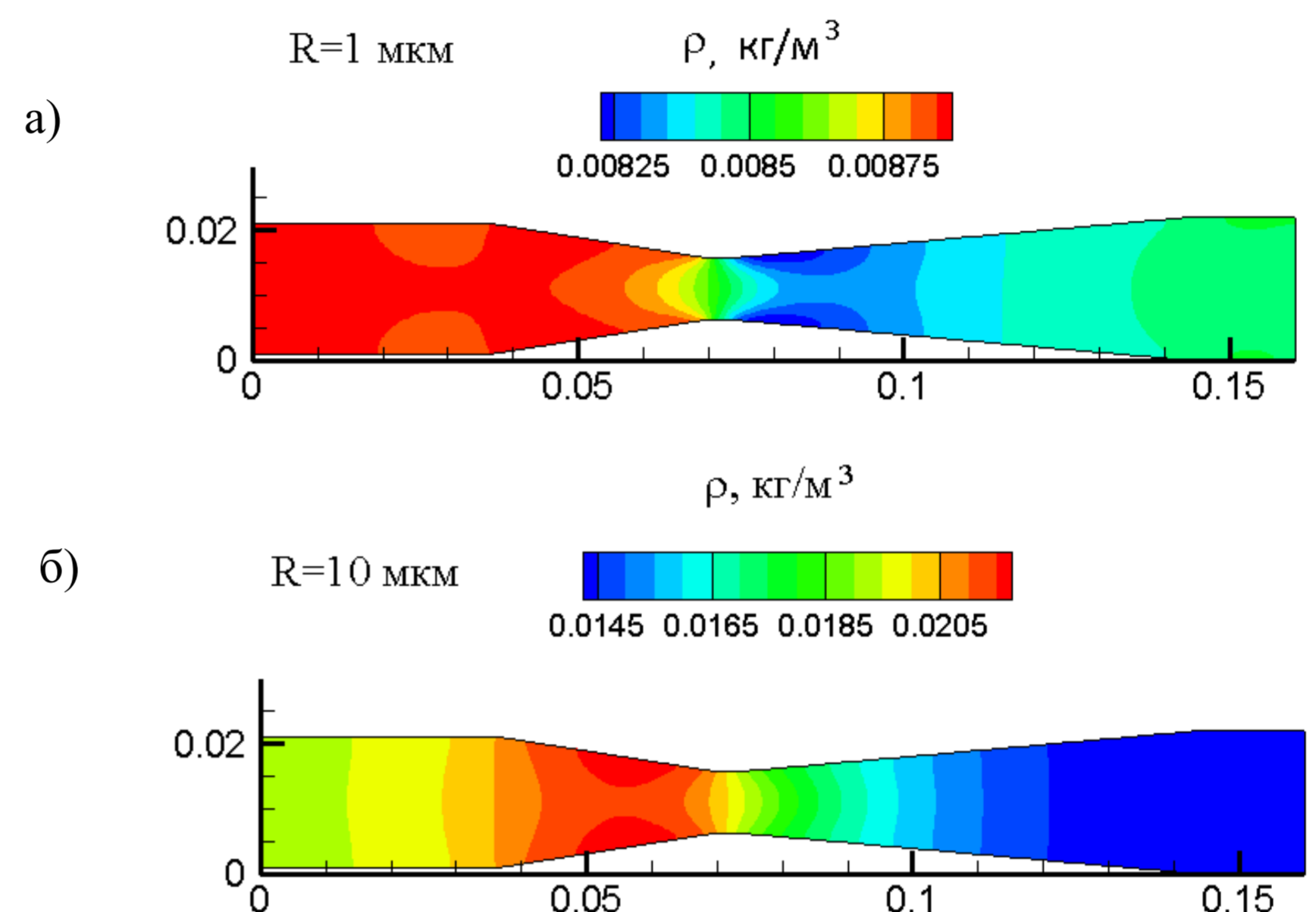


Рисунок 3 – Пространственное распределение средней плотности фракции с размером  $1$  мкм (а) и фракции с начальным размером  $10$  мкм (б) к моменту времени  $t = 8,54 \cdot 10^{-3}$  с

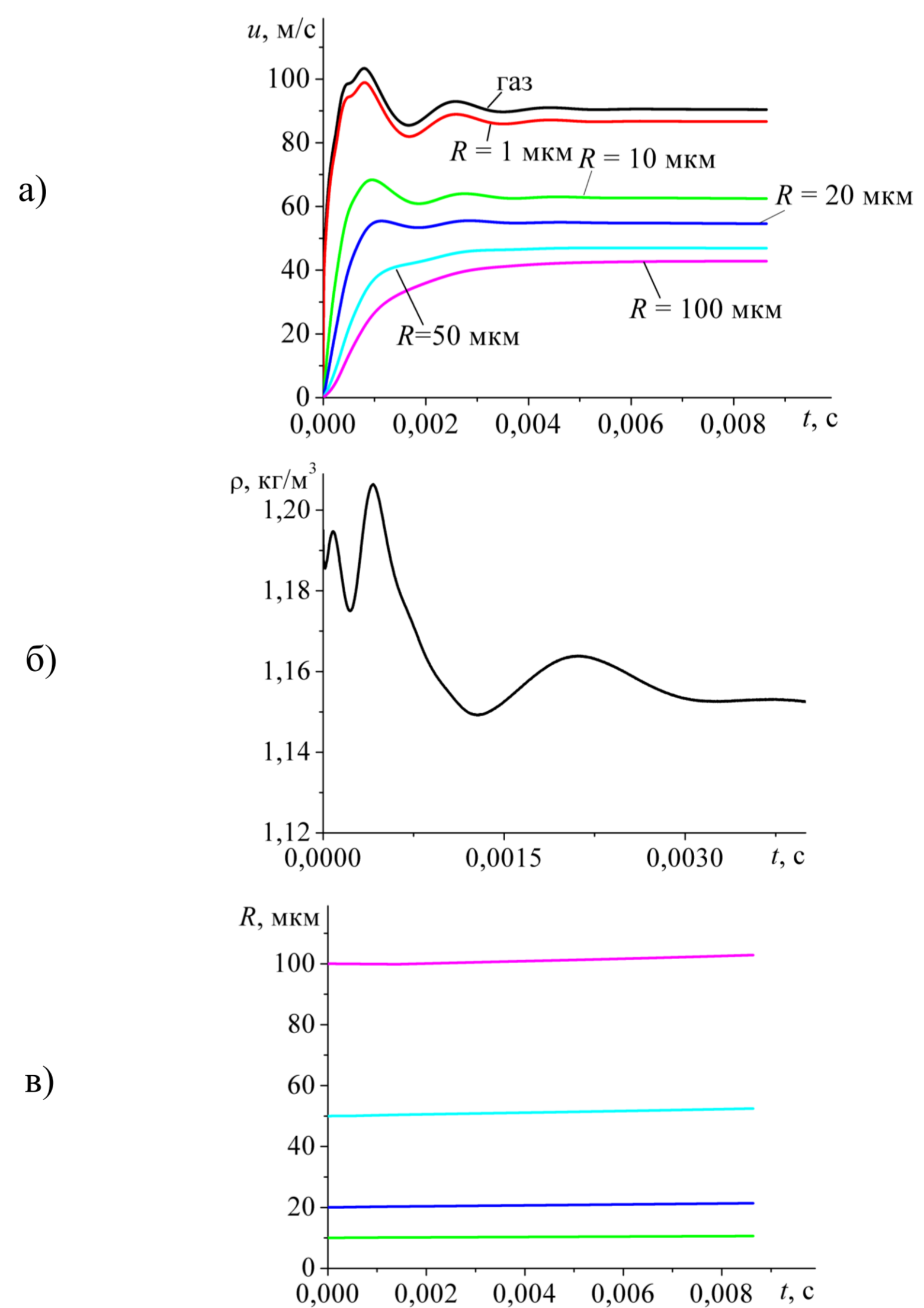


Рисунок 3 – Временные зависимости продольной составляющей скорости газа и дисперсных фракций (а), плотности несущей среды (б), радиусов дисперсных фракций (в) в окрестности минимального сечения канала

## Выводы

Построена математическая модель, позволяющая описывать течение парокапельной полидисперсной смеси в канале заданной геометрии и рассчитаны гидро- и термодинамические параметры потока. Дисперсная фаза состояла из счетного числа фракций капель, различающихся радиусом и движущихся в газе под действием сил аэродинамического сопротивления. Движение такой смеси, в зависимости от числа Вебера, может сопровождаться дроблением или коагуляцией частиц. Отдельные фракции частиц или капель могут иметь различные температуры и скорости, меняющиеся в процессе движения с учетом изменения размера частиц при коагуляции, дроблении, конденсации пара и нагрева и испарения капель.