

Расчетно-графическая работа

*Студент:*  
  
*Преподаватель:*

lll

& давление в приструйной зоне, &  
 & внешнее давление, &  
 & потери давления на эжекцию воздуха, &  
 & потери давления на местных сопротивлениях, &  
 & скорость эжектируемого воздуха &  
 & плотность воздуха &  
 & потери давления при сужении канала &  
 & потери давления при расширении канала &  
 & потери давления при повороте канала &  
 & эжекционная способность струи &  
 & радиус границы струи &  
 & расход газа &  
 & расход газа в звуковом сечении &  
 & осевая координата звукового сечения &  
 & скорость газа в звуковом сечении &  
 & коэффициент потерь в сопле Лаваля 1 &  
 & площадь критического сечения сопла &  
 & площадь выходного сечения сопла &  
 & коэффициент потерь в сопле Лаваля 2 &  
 & начальное давление в камере сгорания &  
 & давление в выходном сечении сопла &  
 & универсальная газовая постоянная &  
 & абсолютная температура торможения &  
$\varGamma$ & показатель адиабаты &  
 & число Маха &  
 & ??? &

# Введение

В работе рассматривается процесс эжекции воздуха из прилегающей к сверхзвуковой струе среды. Процесс истечения происходит в камеру ограниченного диаметра. В качестве результата работы необходимо определить закономерности изменения давления в следствие эжекции в приструйной зоне. При расчете необходимо учесть потери давления на эжекцию воздуха и потери на местные споротивления в эжектируемом потоке в зазоре между стенками камеры.

# Расчетная модель

## Описание

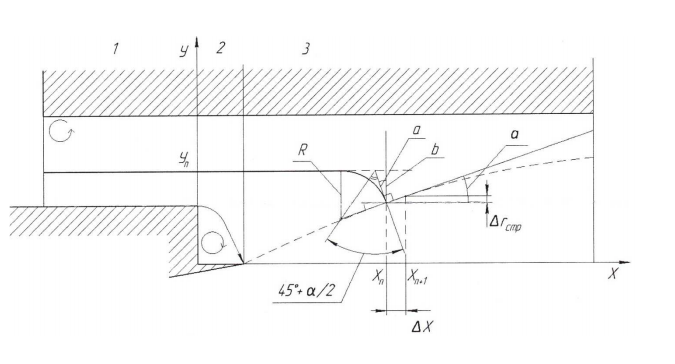
Для расчета изменений давления в приструйной зоне во времени примем расчетный цикл. На каждой его итерации будем рассчитывать величину потерь на эжекцию воздуха и вычитать её из текущего значения давления. Тем самым будет получено новое значение давления в приструйной зоне, которое будет использовано в следующей итерации как текущее. Изменящееся внешние давление будет оказывать влияние на режим истечения струи и её эжектирующую способность, что также повлечет за собой изменение величины потерь.

## Основные соотношения

Основным расчетным соотношением является формула

в которой отражены потери полного давления на эжекцию воздуха и потери давления на местных сопротивлениях. Полное давление приравнено к окружающему. Потери на эжекцию определяеются следующим соотношением

Потери на потери давления на местных сопротивлениях определяются в соответствие с расчетной схемой, изображенной на

[fig:LossesScheme] 

По схеме, эти потери выражаются в трех составляющих - потерях на внезапное сужение канала, на участке 1, потерях на внезапное расширение канала, на участке 2, и поворот канала, на участке 3. Соответственно, имеем формулу

Таким образом, имея ввиду расчетные соотношения , , требуется определить зависимости потерь от параметров течения струи.

## Потери на эжекцию

В соответствии с для определения потерь на эжектирующем участке струи необходимо определить скорость эжектируемого потока для каждого сечения. Для этого воспользуемся соотношением

Величина - эжекционная способность струи, принимается постоянной по её длине. Для определения введем формулу

Формула для расхода

где - площадь критического сечения сопла, определяемая как

a также и , коэффициенты потерь в сопле Лаваля,

и начальное давление в камере сгорания

Величины и характеризуют звуковое сечение - такое, в котором скорость истечения газа равно скорости звука. Сначала определяется координата сечения на оси струи

Затем, по данным рассчета геометрии струи определяется радиус этого сечения. С его помощью определяем расход через звуковое сечение

где, соответственно

Таким образом, имеем все необходимые соотношения для определения величины потерь на эжекцию воздуха по .

## Потери на местных сопротивлениях

Из имеем потери при внезапном сужении канала, выраженные формулой

потери при внезапном расширении канала, выраженные формулой

и, потери при повороте, выраженные формулой

Коэффициент потерь при внезапном сужении постоянен и равен

потерь при внезапном расширении определяется перепадом сечений и равен

Коэффициент потерь при повороте канала определяется углом поворота

Для определения этого угла используем схему на . По длине струи делим её на конечные участки и определяем на этих учатсках разницу в радиусе границы. После чего, определяем угол через арктангенс

$$\label{eqn:RotationLossesCoef}
\alpha= \arctan (\dfrac{\varDelta r\_\text{ст}}{\varDelta x\_\text{ст}}).$$

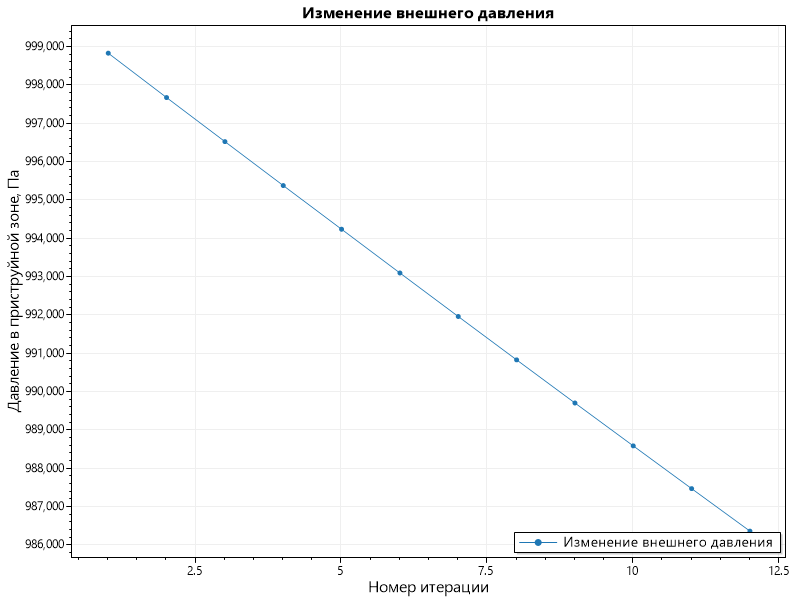
Скорости газа на всех учатсках определяются из закона постоянства расхода.

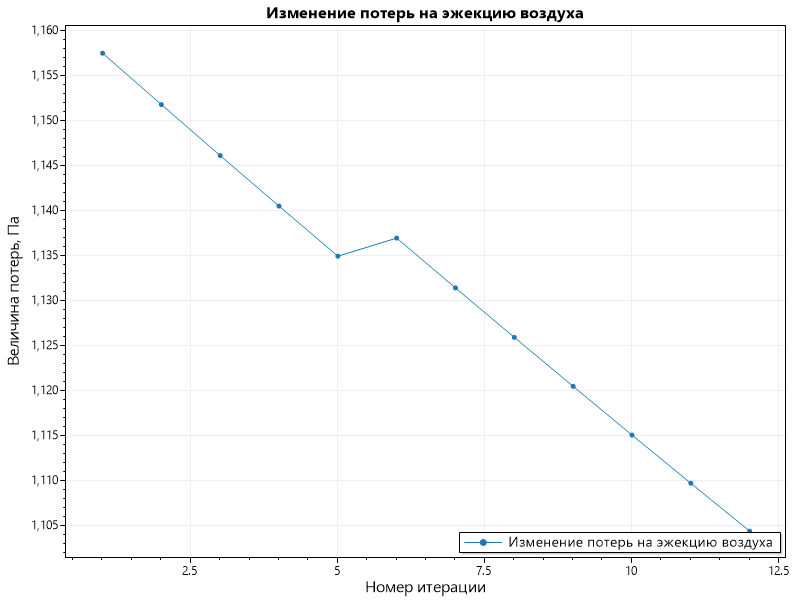
# Результаты расчета

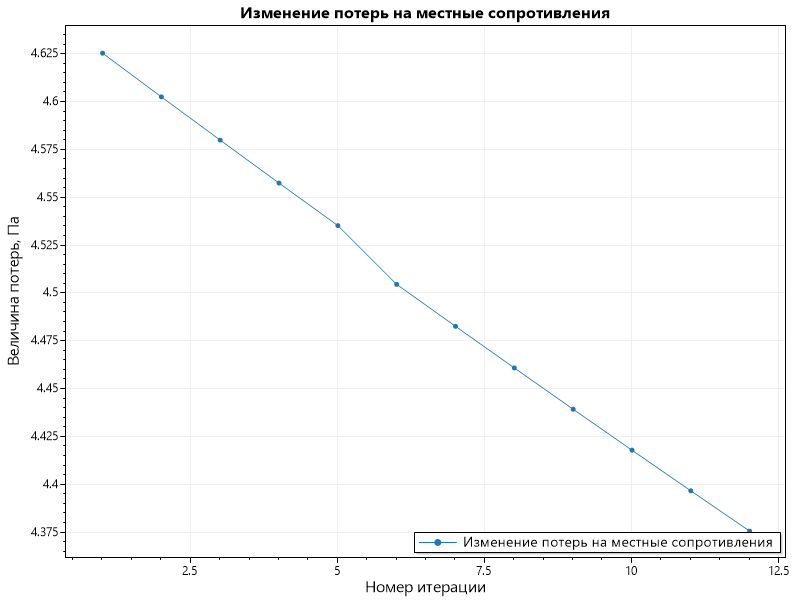
## Исходные данные

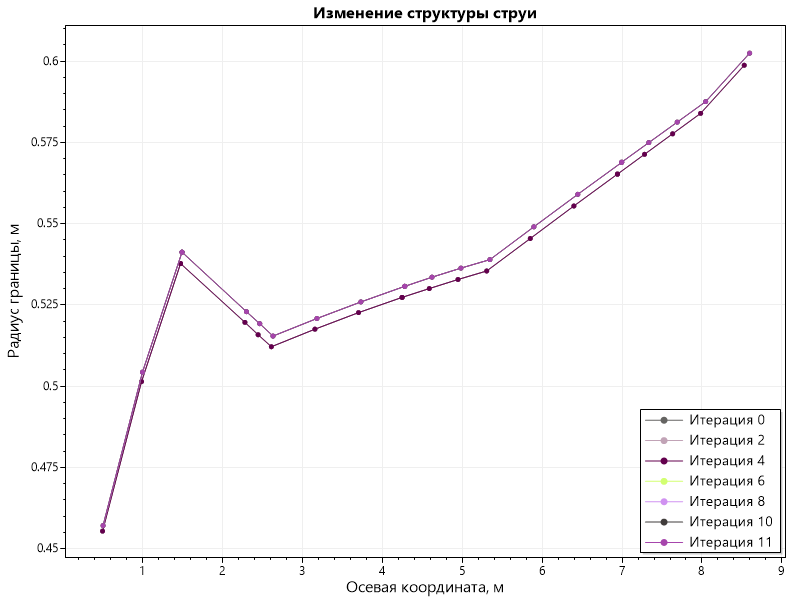
- внешнее давление в начальный момент времени  
 - плотность воздуха  
 - площадь выходного сечения сопла  
 - давление в выходном сечении сопла в начальный момент времени  
 - универсальная газовая постоянная  
 - температура торможения  
$\varGamma=1.4$ - показатель адиабаты  
 - число Маха  
 - диаметр выходного сечения сопла  
 - диаметр кормы  
 - диаметр трубы  
 - угол полураствора сопла  
 - длина эжектирующего участка

## Изменения основных величин

[fig:ExternalPressure] 

[fig:EjectionLosses] 

[fig:LocalLosses] 

[fig:FluidStructure] 

# Заключение

В процессе выполнения работы по представленной математической модели был выполнен итерационный расчет. На каждой итерации производился расчет геометрии струи, скорости эжектируемого воздуха и потерь. Изменения внешнего давления в приструйной зоне, возникающие в следствие эжекции, учитывались при каждой последующей итерации расчета. В момент, когда границы струи достигли стенок камеры (6 итерация), была также пересчитана площадь эжектирующего участка. После этого, было произведено еще 6 итераций.

В результате выполнения расчета выявлены зависимости, представленные графически в . Из них видно, что давление в приструйной зоне линейно падает в пределах от 998,2 кПа до 986,4 кПа. Данное обстоятельство приводит к расширению границ струи в среднем на 0.005 м по всех длине и последующему их пересечению со стенками камеры.