



# Автоматизация расчетов массового расхода газа через сужающее отверстие

Руководитель:  
Владимировна

к.т.н. Косорукова Ольга

Исполнитель:

студент группы И-114  
Отдельнов Артём Евгеньевич



# Цель и задачи

Целью выпускной квалификационной работы является разработка программного средства для автоматизации расчетов массового расхода газа через сужающее устройство.

## Поставленные задачи:

1. Изучить теорию;
2. Проанализировать существующие программные средства;
3. Определить уровень автоматизации;
4. Обоснованно выбрать язык программирования и среду разработки;
5. Разработать алгоритмы;
6. Разработать программное обеспечение;
7. Протестировать разработанное ПО;
8. Подтвердить актуальность разработанного ПО.



# Анализ программного обеспечения

Возможности ПО	«КИП и А»	«КИП и А PRO»	Расчет расхода газа	Концепция разрабатываемого ПО
Основной функционал, необходимый для расчёта массового расхода газа через сужающее отверстие	+	+	+	+
Встроенная база данных	-	+	-	+
Встроенная реклама	-	+	+	+
Бесплатность	+	-	+	+



# Определение уровня автоматизации

Вид операции	Традиционный процесс	Автоматизированный процесс
Поиск и внесение параметров газа	Вручную	Автоматически
Внесение некоторых параметров системы	Вручную	Вручную
Выполнение расчётов	Вручную	Автоматически



# Выбор средств разработки ПО

## Выбор языка программирования

Ключевые возможности	C	C++	C#	Java	Delphi	Python
Кроссплатформенность	+	Xamarin		+	-	+
Быстрота разработки программных средств	-	-	-	-	+	+
Быстродействие	-	+	+	-	-	-
«Чистота» разработки программных средств	+	+/-	+	+	-	-
Бесплатность, открытость	+	+	+/-	+	+	+
Развитое сообщество	-	+	+	+	-	+
Дружелюбность к программисту	-	-	+	+	+	+

## Выбор среды разработки

Выбор среды разработки велся между такими программами, как: JetBrains Rider, SharpDevelop, Geany, MonoDevelop и Microsoft Visual Studio 2017.

Благодаря совокупности достоинств и недостатков, в выигрыше оказался Microsoft Visual Studio 2017. Единственный реальный конкурент, по функциональным особенностям, являлся JetBrains Rider. Его главным недостатком, перечеркивающим все плюсы, в данной ситуации, является его платность.



# Математические модели

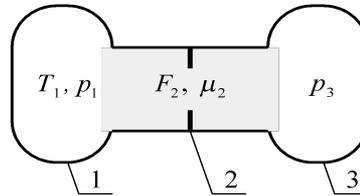
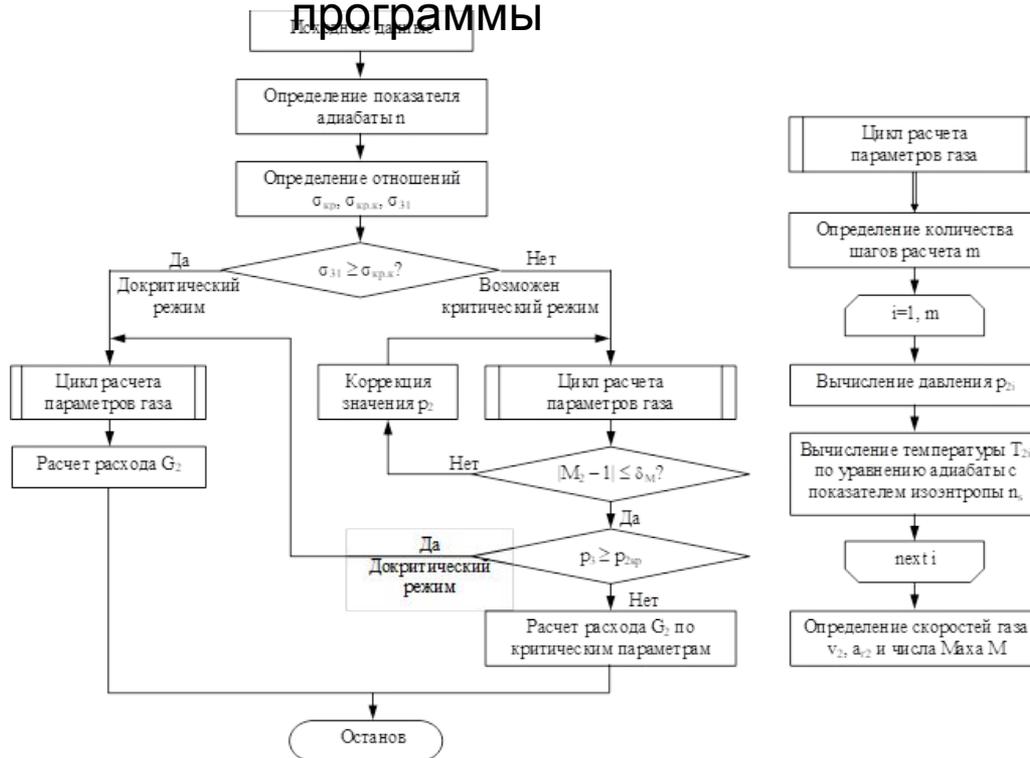


Схема расчета массового расхода газа

<p>Расходная функция при критическом режиме течения</p> $G = \mu_2 \cdot F_2 \cdot B \cdot \frac{p_1}{\sqrt{T_1}} \cdot \varphi(\sigma)$	<p>Секундный массовый расход газа через сечение</p> $G_2 = F_2 \cdot V_2 \cdot w_2^{-1}$
<p>где</p> $B = \sqrt{\frac{2 \cdot \kappa \cdot 1}{\kappa - 1} \cdot \frac{1}{R}}$ $\varphi(\sigma) = \sqrt{\sigma^{2/\kappa} - \sigma^{(\kappa+1)/\kappa}}$ $\sigma = \frac{p_1}{p_3} \quad \text{или} \quad \sigma_{кр} = \left(\frac{2}{\kappa + 1}\right)^{\kappa/(\kappa-1)}$	<p>Скорость газа (из уравнения Бернулли)</p> $V_2 = \sqrt{2 \cdot (i_1 - i_2)}$
	<p>Расходная функция при критическом режиме течения</p> $\varphi_{кр} = \left[ \left(\frac{\kappa - 1}{\kappa + 1}\right) \cdot \left(\frac{2}{\kappa + 1}\right)^{(1/(\kappa-1))} \right]^{0.5}$

# Алгоритмизация задачи

## Алгоритм работы программы





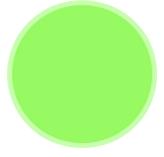
# Разработка программного обеспечения

На основе выбранных ранее математических моделей и созданного алгоритма было реализовано программное средство, написанное на языке программирования C# в среде разработки Microsoft Visual Studio 2017.

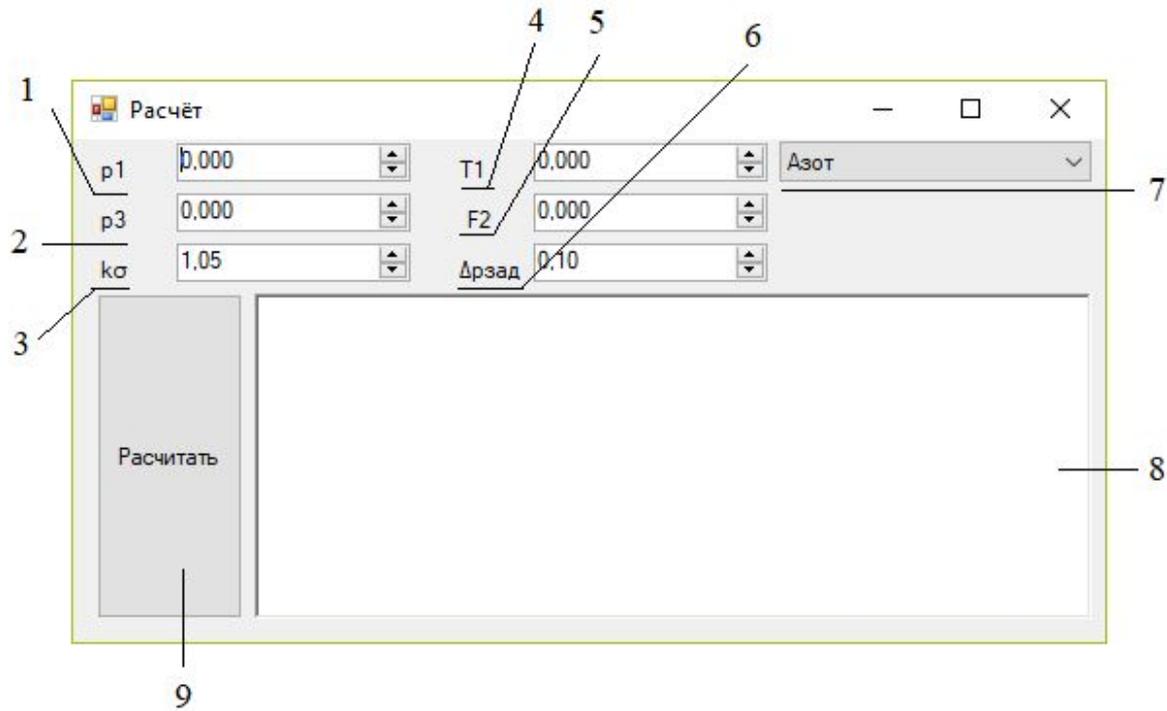
Интерфейс был создан в классическом стиле Windows Forms, что позволяет любому пользователю, имеющему опыт работы с данной ОС, максимально быстро привыкнуть к работе в программе.

Для работы программы необходимо выполнить общие системные требования программы и среды исполнения к системе. Иначе запуск и корректная работа программного обеспечения не гарантируется.

Общие системные требования разрабатываемой программы	
<b>Процессор</b>	1 ГГц
<b>ОЗУ</b>	512 Мб
<b>Дисковое пространство</b>	4,6 ГБ
<b>Обязательны права администратора при установке</b>	
<b>Операционные системы</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Windows (начиная с XP);</li><li>• Windows Server (начиная с 2012)</li></ul>



# Интерфейс программного обеспечения





# Тестирование программного обеспечения

Расчёт

p1 101,300 T1 293,150 Азот

p3 89,300 F2 0,125

к<sub>с</sub> 1,05 Дрзад 0,05

Расчитать

показатель адиабаты = 1,4  
критическое отношение давлений = 0,633938145260609  
критическое отношение давлений коррекция = 0,665635052523639  
j1 = 304,876 Дж/кг  
отношение давлений = 0,881539980256663  
количество шагов m = 2  
p2 = 101,2 кПа  
T2 = 293,067288559813 К  
j2 = 304,789980102206 Дж/кг  
скорость газа V2 = 0,41477680213343 м/с  
число Маха M2 = 0,00120926181380009 м/с  
G2 = 0,0594576837920628 кг/с

Результаты теста  
№1

Расчёт

p1 128,600 T1 270,300 Метан

p3 98,900 F2 0,300

к<sub>с</sub> 1,07 Дрзад 0,05

Расчитать

показатель адиабаты = 1,304  
критическое отношение давлений = 0,627846803071608  
критическое отношение давлений коррекция = 0,671796079286621  
j1 = 600,066 Дж/кг  
отношение давлений = 0,76905132192846  
количество шагов m = 4  
p2 = 128,4 кПа  
T2 = 270,201940380247 К  
j2 = 599,848307644149 Дж/кг  
скорость газа V2 = 0,659836882648039 м/с  
число Маха M2 = 0,00192372268993597 м/с  
G2 = 0,227008101828454 кг/с

Результаты теста  
№2

Расчёт

p1 99,600 T1 230,700 Этан

p3 80,100 F2 0,200

к<sub>с</sub> 1,05 Дрзад 0,05

Расчитать

показатель адиабаты = 1,187  
критическое отношение давлений = 0,620030283401733  
критическое отношение давлений коррекция = 0,65103179757182  
j1 = 403,725 Дж/кг  
отношение давлений = 0,80421686746988  
количество шагов m = 3  
p2 = 99,45 кПа  
T2 = 230,645229579007 К  
j2 = 403,629151763262 Дж/кг  
скорость газа V2 = 0,437831558336556 м/с  
число Маха M2 = 0,00127647684646226 м/с  
G2 = 0,100420082187284 кг/с

Результаты теста  
№3

Расчёт

p1 110,400 T1 277,700 Гелий

p3 105,000 F2 0,250

к<sub>с</sub> 1,05 Дрзад 0,05

Расчитать

показатель адиабаты = 1,667  
критическое отношение давлений = 0,649537407949175  
критическое отношение давлений коррекция = 0,682014278346634  
j1 = 1441,263 Дж/кг  
отношение давлений = 0,951086956521739  
количество шагов m = 0

Результаты теста  
№4



# Актуальность разработки

Создав наше программное обеспечение, мы добились поставленных задач, тем самым добившись целевого уровня автоматизации и реализации желаемых отличительных особенностей.

Можно сделать вывод, что наш продукт актуален и конкурентоспособен в целевой предметной области.



# Заключени е

Были решены поставленные задачи, такие как:

- ✓ Изучение теории;
- ✓ Анализ существующих программных средств;
- ✓ Определение уровня автоматизации;
- ✓ Обоснованный выбор средств реализации ПО;
- ✓ Разработка алгоритма;
- ✓ Разработка программного средства;
- ✓ Тестирование разработанной программы;
- ✓ Подтверждена актуальность разработки.

В выпускной квалификационной работе было реализовано программное обеспечение для автоматизации расчета массового расхода газа через сужающее отверстие. Был достигнут наиболее возможный результат автоматизации, в рамках действующих условий. Программное средство, кроме производства самих расчетов, способна автоматически подбирать нужные значения параметров газа, используемых в формулах расчёта.

Изначально поставленная цель была достигнута за счёт использования разработанного нами продукта:

- снижена трудоёмкость процесса расчёта;
- сокращено время на поиск и подстановку требуемых значений.



**Спасибо за  
внимание!**