

**Федеральная целевая программа**  
**«Исследования и разработки по приоритетным**  
**направлениям развития научно-технологического**  
**комплекса России на 2014—2020 годы»**

**Соглашение**  
**№ 14.578.21.0048 от 16.09.2014**

на период 2014 - 2016 гг.

**Тема:** *«Повышение мощности базового авиационного поршневого двигателя в классе мощности 100 л.с. для малой авиации путем аэродинамического профилирования системы "впускной канал-цилиндр"»*

**Руководитель проекта:** *ведущий научный сотрудник Шифрин Эрнест Григорьевич*

# Участники проекта

**Получатель субсидии: Московский физико-технический институт**

Основное направление деятельности: фундаментальные и прикладные научные исследования по широкому спектру наук, в том числе в интересах обороноспособности страны.

Научный руководитель: в.н.с. д.ф.-м.н. профессор Шифрин Э.Г.

Группа аэродинамических расчетов: Чикиткин А.В., Корнеев Б.А.

Группа экспериментаторов: Данилов И.М., Костюченков А.Н., Финкельберг Л.А. и др.

## **Индустриальный партнёр:**

**ОАО Гаврилов-Ямский машиностроительный завод “Агат”.**

На сегодняшний день основными видами деятельности завода «АГАТ» являются: производство и ремонт топливорегулирующей аппаратуры для авиационных двигателей, агрегатов и узлов самолетных систем, производство и ремонт гидравлической аппаратуры для грузоподъемной, дорожной и коммунальной техники, производство комплектующих узлов для автомобильных двигателей.

Внебюджетное финансирование направляется индустриальным партнером на оснащение производственной базы для изготовления комплектующих, которые потребуются модернизировать при внедрении результатов исследования (в т.ч. головки блоков цилиндров).

## **Соисполнители:**

ЦИАМ им. П.И. Баранова, НФПК, ЗАО «Экспертная группа «КУТРИ», ООО «ФБТ»

# Цели и задачи проекта

**Цель:** создание экспериментального образца АПД для малой авиации повышенной мощности путем профилирования системы «впускной канал цилиндр» базового двигателя в классе мощности 100 л.с. типа ROTAX 912.

## Основные задачи:

- 1) Разработка и применение метода аэродинамического профилирования формы впускного клапана
- 2) Создание стенда и проведение сравнительных экспериментальных продувок клапанов различной формы
- 3) Создание стенда и проведение сравнительных стендовых наземных исследовательских испытаний модифицированной системы «впускной канал – цилиндр»

## Актуальность:

- Для развития малой авиации необходимо повышение эффективности двигателей (снижение расхода, массо-габаритных характеристик)
- неэффективная форма впускного канала приводит к понижению мощности

## Научная новизна:

- Использованы передовые научные достижения трансзвуковой аэродинамики, ключевую роль играет строгая математическая постановка обратной задачи в плоскости годографа скорости.
- Используемый метод аэродинамического профилирования был применен Шифриным Э.Г. при профилировании сопел сверхзвуковых аэродинамических труб. Сопла изготовлены и находятся в эксплуатации на аэродинамической базе ЦНИИМАШ.

# Ожидаемые результаты проекта

За счет средств субсидии:

- 1) Промежуточные и заключительный отчеты о ПНИ, отчет о патентных исследованиях
- 2) Комплекс компьютерных программ, реализующий метод и алгоритмы аэродинамического профилирования
- 3) Испытательный стенд для проведения продувок моделей базового и модифицированного впускного клапана. ПМИ, Протокол
- 4) Эскизная КД для изготовления экспериментального образца АПД с модифицированной системой «впускной канал-цилиндр» на базе двигателя ROTAX 912 или двигателя ПД-1400. Экспериментальный образец АПД
- 5) Техническая и эксплуатационная документация на испытательный стенд для проведения стендовых наземных исследовательских испытаний АПД. Испытательный стенд. ПМИ экспериментального образца АПД. Протокол. ПМИ – сравнительная. Протокол
- 6) Проект ТЗ на проведение ОКР по теме: «Разработка опытного образца АПД внутреннего сгорания повышенной мощности с модифицированной системой «впускной канал - цилиндр»

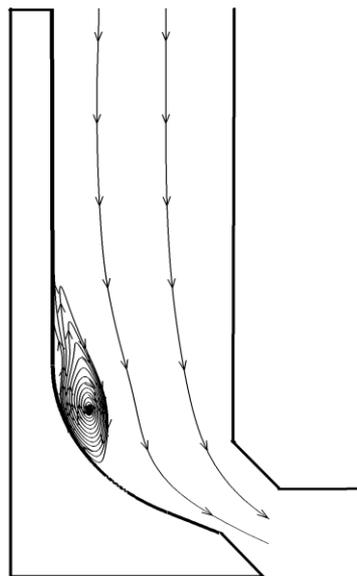
За счет средств Индустриального партнера

- 1) Отчет о выполненных работах
- 2) Перечень приобретенного оборудования, контрольно-измерительной аппаратуры, расходных материалов и программного обеспечения, документы, подтверждающие приобретение и аренду оборудования и аппаратуры
- 3) Акты, подтверждающие затраты на оценку РИД
- 4) Эскизная КД для изготовления экспериментального образца АПД. Акты изготовления уникальных комплектующих.
- 5) Отчет о маркетинговых исследованиях

Ключевой инновацией является авторский метод аэродинамического профилирования, не имеющий аналогов в мире. В лучшем случае, в подобных исследованиях несколько форм клапанного канала сравнивались путём решения прямой задачи обтекания, т.е. прямым перебором.

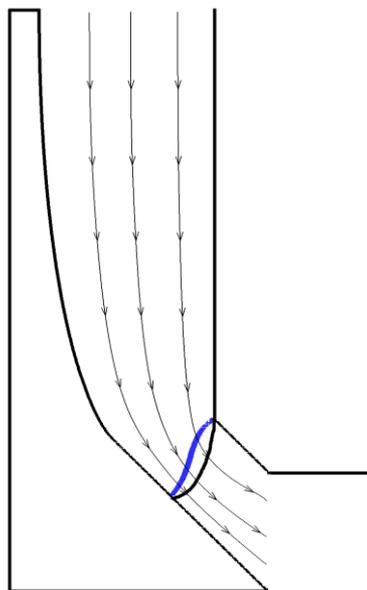
# Результаты исследовательской работы, полученные в 2015-2016 г.

Стандартный клапан



Отрывная зона уменьшает расход

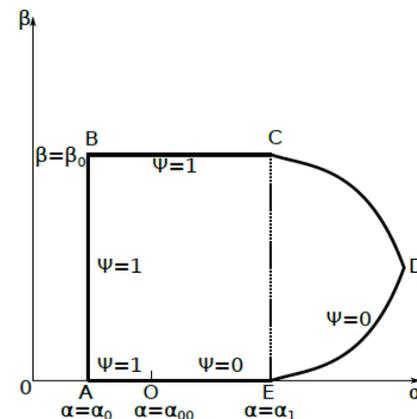
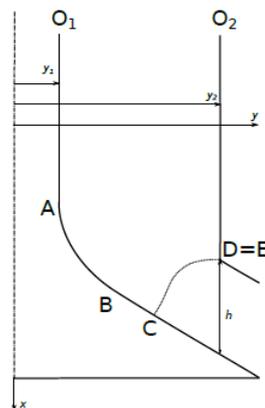
Спрофилированный клапан



Рассчитанная форма обеспечивает отсутствие отрывов потока

## Математическая постановка

Переход к плоскости годографа скорости



Задача Трикоми для уравнения смешанного типа

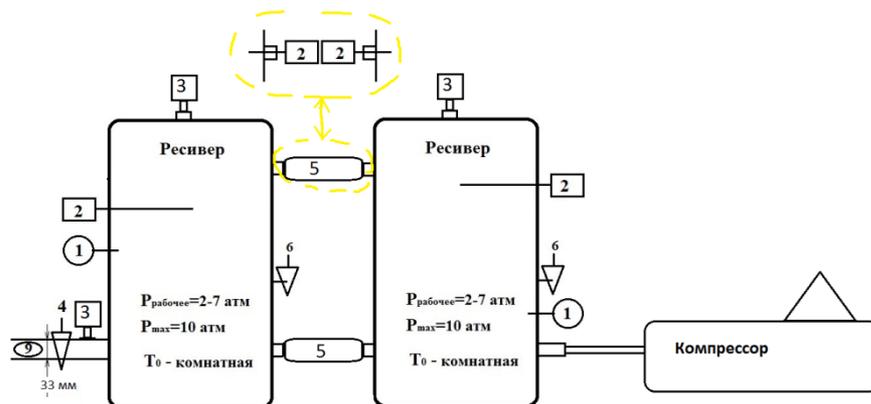
$$2\tau\psi_{\tau\tau} + 2 \left[ 1 + \frac{1}{(k-1)(1-\tau)} \right] \psi_{\tau} + \frac{\tau^* - \tau}{2\tau\tau^*(1-\tau)} \psi_{\beta\beta} = -Q(\tau)(2D \cos \beta + D_{\beta} \sin \beta)$$

# Результаты исследовательской работы, полученные в 2015-2016 г.



Образцы клапанов для холодной продувки

Схема экспериментальной установки



Экспериментальная установка в МФТИ

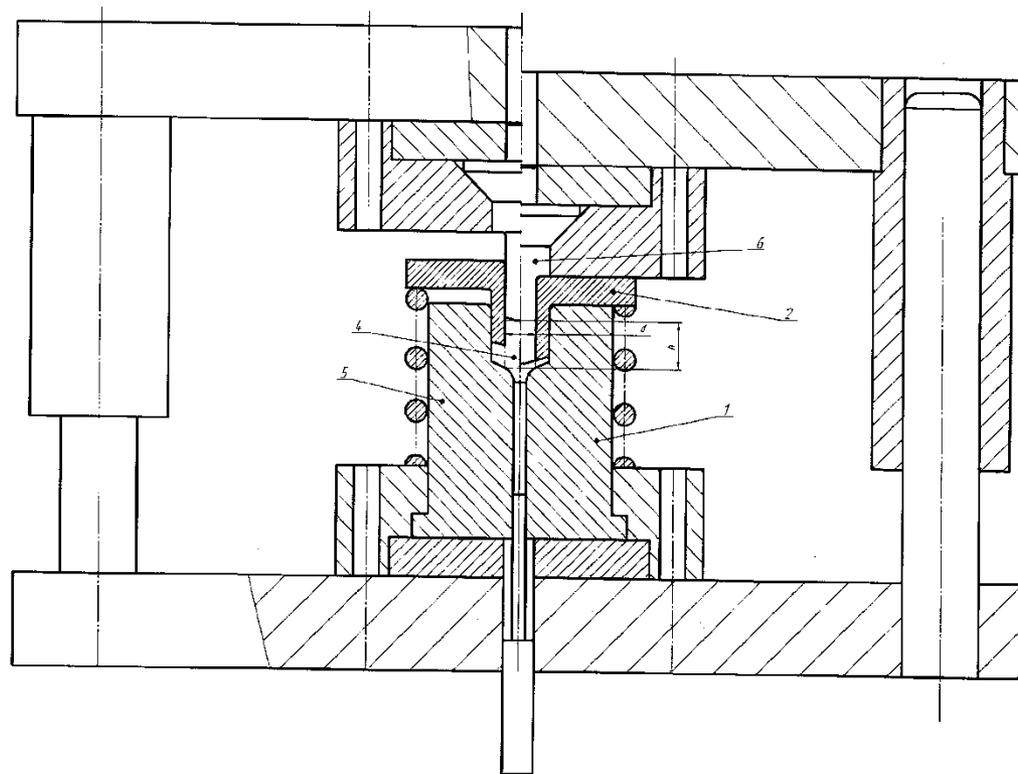


N	модель	ход, мм	Q (безразм. расход)	Увеличение расхода
1	стандарт	2	153.17	—
2	70-2	2	189.15	23%
3	70-5	2	203.66	33%
4	стандарт	3.5	290.6	—
5	70-2	3.5	298.92	3%
6	70-5	3.5	318.14	10%
7	стандарт	5.1	399.49	—
8	70-2	5.1	434.59	9%
9	70-5	5.1	412.47	3%

# Результаты исследовательской работы, полученные в 2016 г.

Разработка технологии изготовления модифицированного впускного клапана  
оригинальным методом на разрывной машине

Экспериментальный штамп



## Результаты исследовательской работы, полученные в 2016 г.

Результатом экспериментальных исследований стало получение опытных образцов поковок модифицированного впускного клапана изготовленных за один технологический переход с классом точности 1-2 (Рисунок 2).

В ходе изготовления опытных образцов при помощи ЭВМ, осуществлялась запись таких параметров процесса, как время воздействия на заготовку, усилие деформации, скорость деформации.



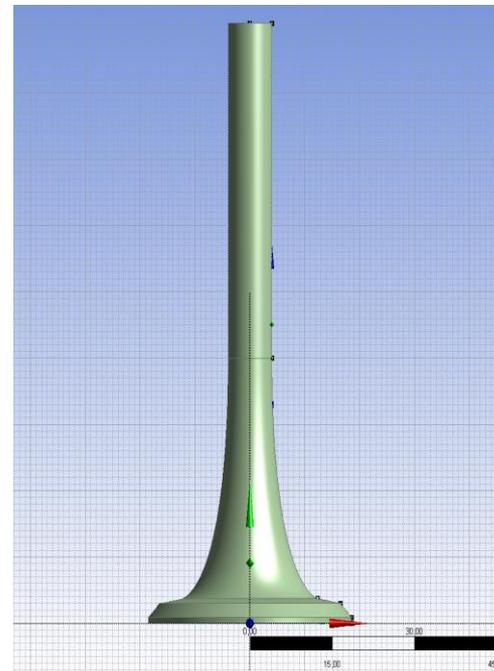
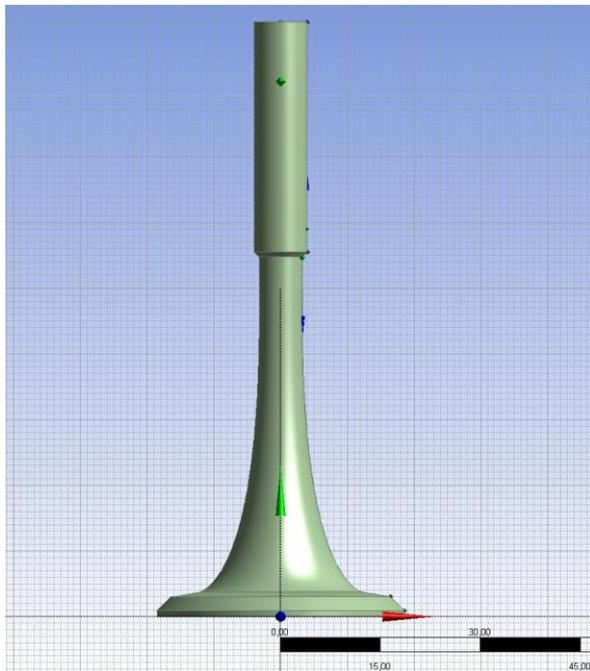
Рисунок 2

# Результаты исследовательской работы, полученные в 2016 г.

## Изготовление уникальных комплектующих для модифицированной системы «впускной канал-цилиндр»

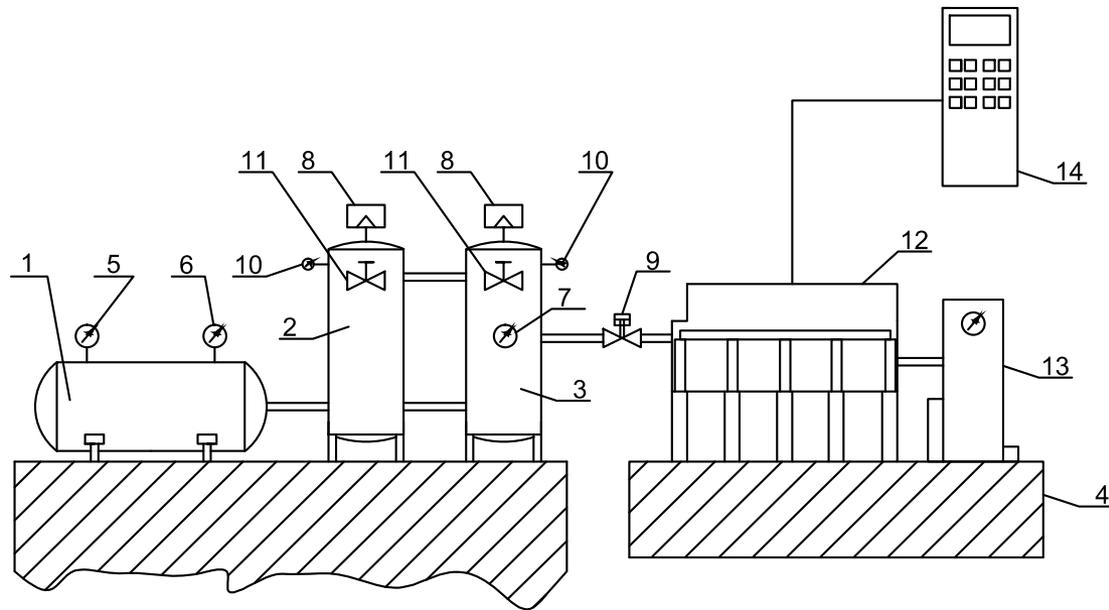
Были изготовлены уникальные комплектующие для модифицированной системы «впускной канал-цилиндр».

- модифицированный распределительный вал двигателя № 1
- комплект (6шт) модифицированных впускных клапанов № 1
- комплект (6шт) модифицированных впускных клапанов № 2
- комплект (6шт) модифицированных впускных клапанов № 3



# Результаты исследовательской работы, полученные в 2016 г.

## Стенд для проведения сравнительных испытаний стандартного и модифицированного авиационных поршневых двигателей



1 - компрессор; 2- ресивер №1; 3- ресивер №2; 4 - станина для установки двигателя;  
5 - манометр; 6- манометр; 7 - манометр; 8 - указатель давления; 9 - пневмоклапан;  
10 - датчик температуры; 11- предохранительный клапан; 12 – силовая установка с соответствующим  
типом двигателя; 13 – нагрузочное устройство с индикатором нагрузки; 14 - пульт управления режимами  
работы двигателя и контрольно-измерительные режимов работы двигателя.