



艾迈云创  
ima-innocloud

# Теоретическое исследование и построение нового устройства для создания кольцевого воздушного потока

IMA INNOCLOUD (Beijing) Technology Co., Ltd

Участники: Шпаковский Н.А., Северинец Г.А.,

Чуксин П.И., Li Huangye

Менеджер проекта: Li Huangye

8 ОКТЯБРЯ 2023 Г

# Резюме проекта

**Цель проекта:** Построить устройство в напольном кондиционере, создающее кольцевой воздушный поток.

## Задачи проекта:

1. Экспериментальные испытания, которые могут показать эффект «вихревого кольца»;
2. Построить устройство для создания кольцевого воздушного потока;
3. конструировать новый колонный кондиционер с устройством «вихрь».

# Описание исходной ситуации

Ламинарным потоком является тип подачи воздуха кондиционера. Такой тип подачи воздуха сможет очень быстро охладить или нагреть помещение.

По линии развития технической системы, мы прогнозировали новый тип подачи воздуха, который сможет точно передать энергию по большому расстоянию, это эффект «вихревого кольца».

Наша цель -- исследовать этот эффект и реализовать новую конструкцию подачи воздуха по данному эффекту в напольном кондиционере.

# Дорожная карта проекта

## Этап I

Теоретическое и концептуальное исследование.



## Этап II

Разработка, изготовление и тестирование прототипа.



## Этап III

Решение проблем при тестировании прототипов кондиционера.

# Дорожная карта проекта

## Этап I

Теоретическое и концептуальное исследование.

Информационный поиск и исследование систем которые могут создавать кольца и заставляя эти кольца перемещаться.

Анализ наиболее эффективных способов создания потока воздуха.

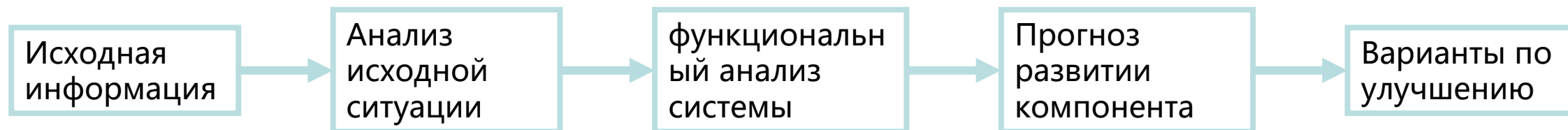
Анализ технологий создания воздушного потока. выберите наиболее эффективное техническое решение.

Предложить концептуальные решения для практической реализации.

# Дорожная карта проекта

## Этап II

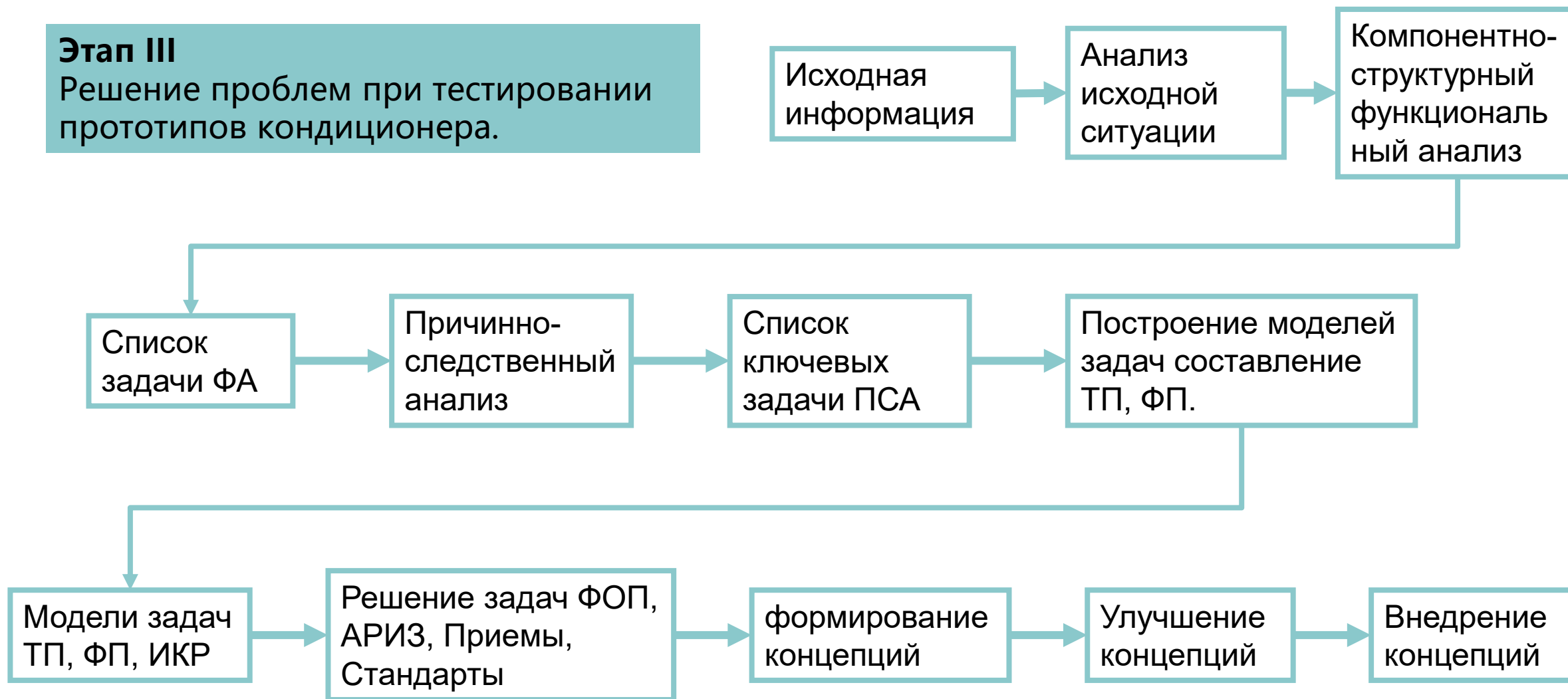
Разработка, изготовление и тестирование прототипа.



# Дорожная карта проекта

## Этап III

Решение проблем при тестировании прототипов кондиционера.



# Этап I: Теоретический и концептуальный этап



# Главные содержания

- **Цель:** Получить устройство которое будет перемещать воздух в виде кольца на большое расстояние (например: 6-8 метров), в нужном направлении.
- **Главная работа:** Углубленный анализ существующей научной литературы, патентов и других технических материалов, изучение различных принципов и реализация генерации вихревого кольцевого воздушного потока.
- **Используемый инструмент ТРИЗа:** функциональный ориентированный информационный поиск (ФОП).

# Шаги ФОПа

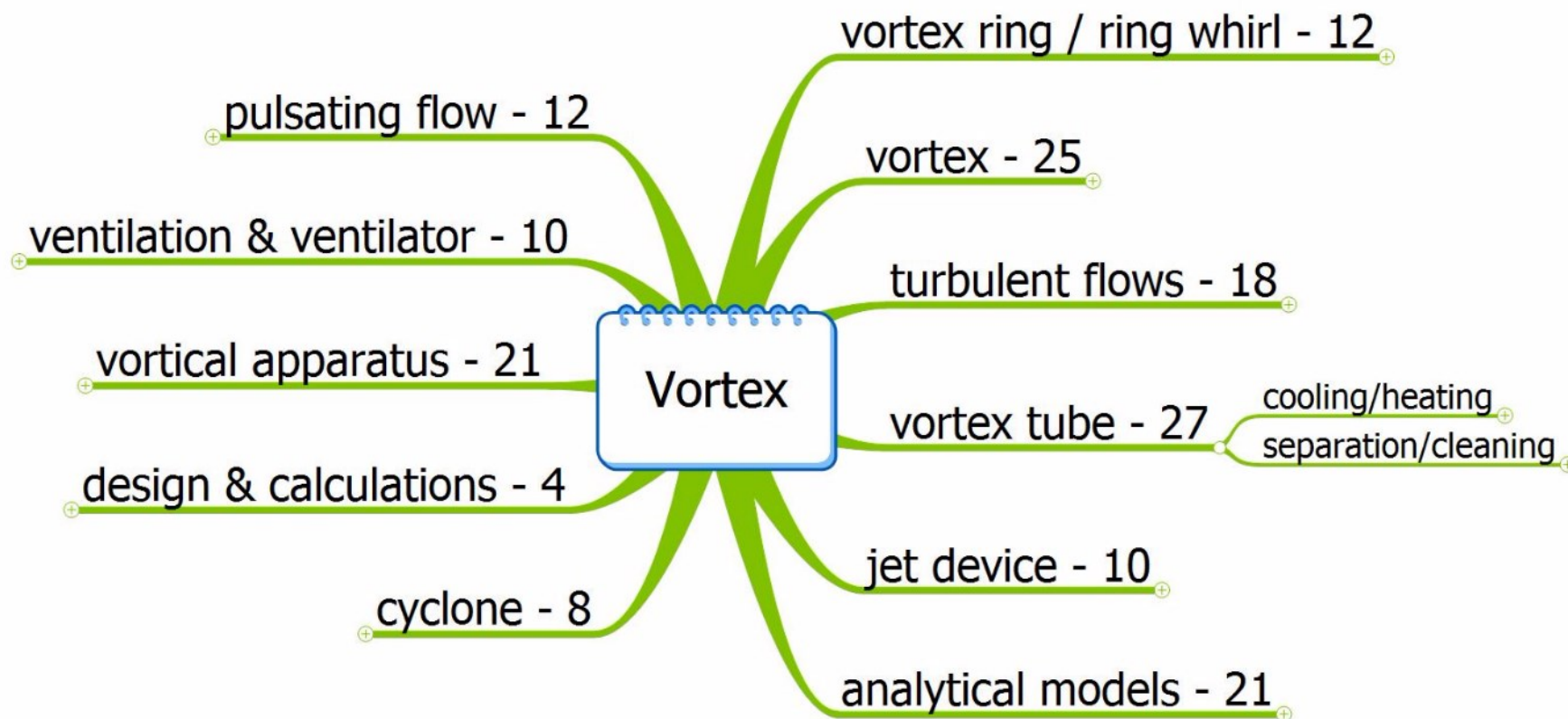
- 1. Определите целевой основной параметр ценности (MPV), который нужно улучшить.**
  - Уютность подачи воздуха на человек.
- 2. Определите целевой физический параметр, который нужно улучшить, чтобы обратиться к MPV.**
  - Расстояние и точность выдуваемого потока воздуха от кондиционера.
- 3. Определите ключевую проблему, которая будет решена для улучшения MPV.**

# Шаги ФОПа

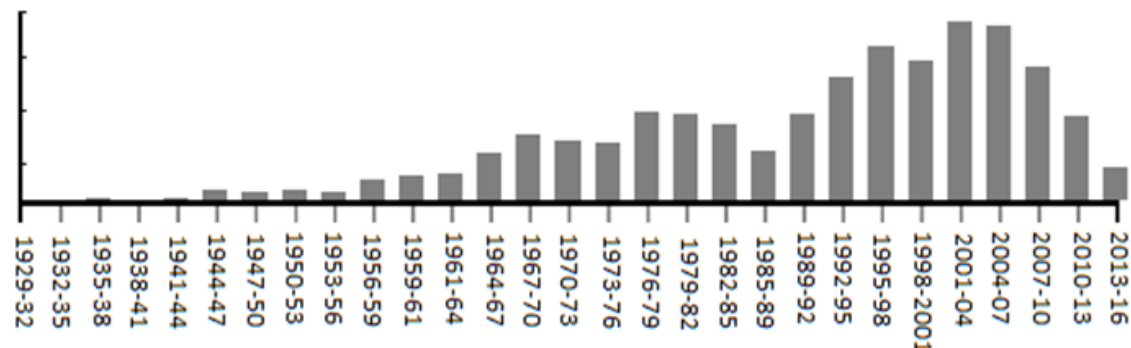
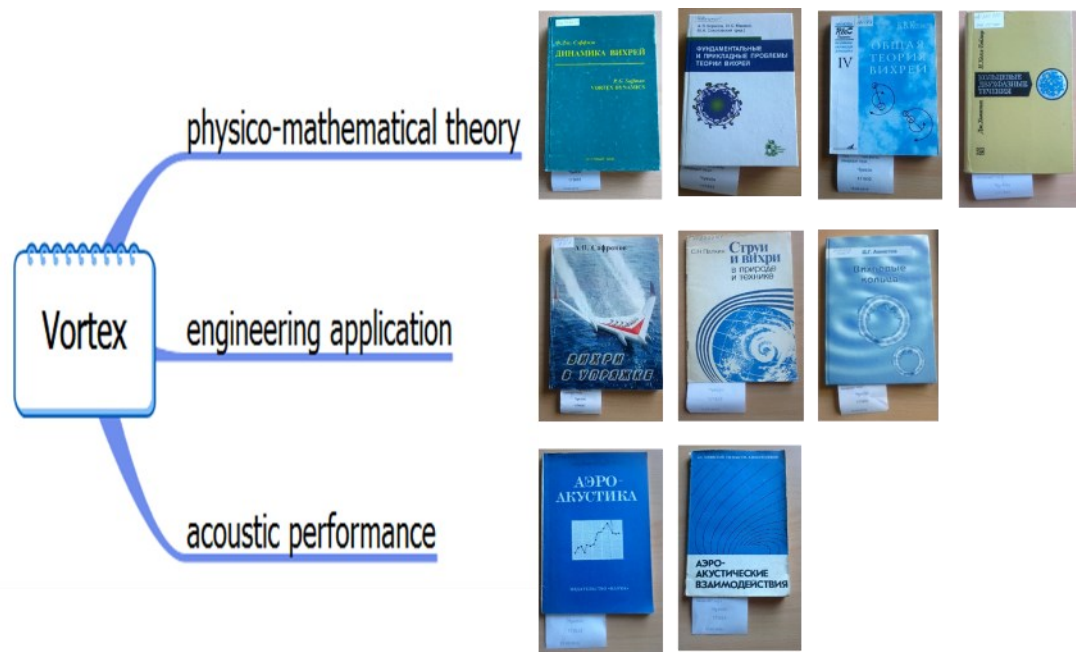
4. Четко сформулируйте конкретную функцию, которая будет выполнена для решения ключевой проблемы.

- Устройство генерирует вихревое кольцо. Какое устройство сможет создать такой эффект?

**ключевые слова для поиска литературы**



# Результаты поиска

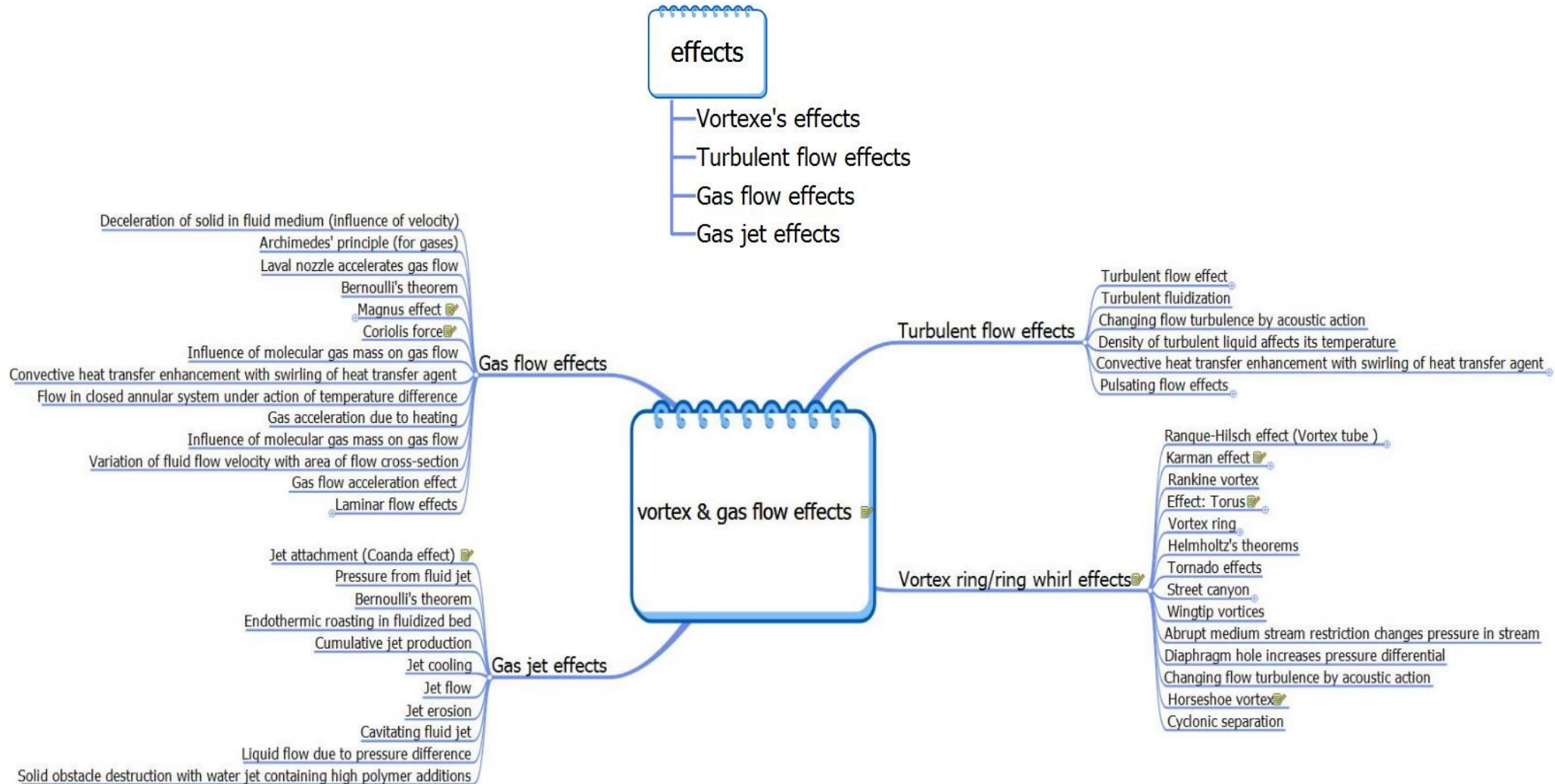


## Патентный анализ

Провели анализ более 200 различных компаний по следующим поисковым запросам :

- Vortex ring
- Ring whirl
- Gas jet effects
- Gas flow effects
- Toroidal vortex

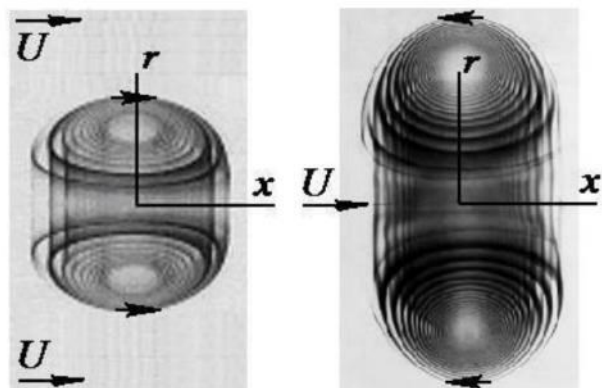
# Эффекты, связанные с вихревым движением воздуха



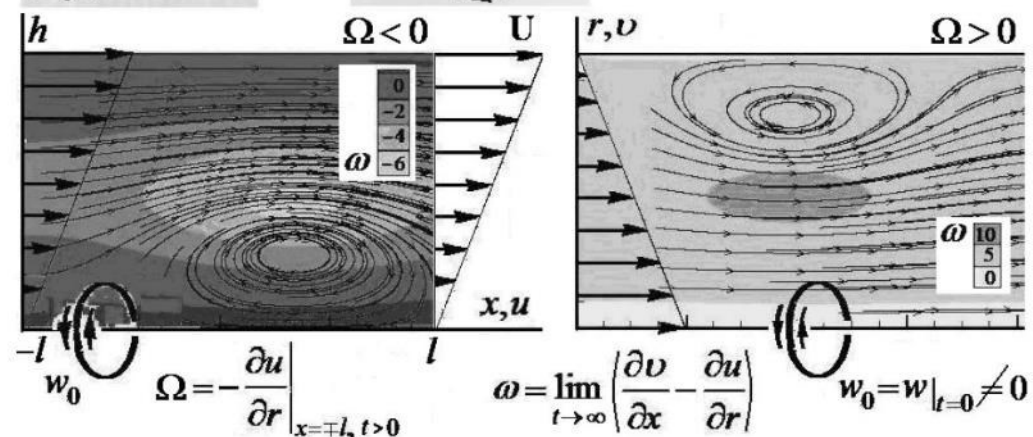
# Шаги ФОПа

## 5. Сформулируйте требуемые параметры / условия для выполнения функции.

Тороидальный и шаровой вихри



Изучению тороидального и шарового вихрей, возникающих вследствие возмущения осесимметричного протекания идеальной нормальной среды в цилиндрическом канале, а также исследованию режимов течения в газоразделительной центрифуге посвящена диссертация Денисенко В. В.



(Прямое численное моделирование вихрей в потоках нормальной идеальной среды, Денисенко Владимир Викторович, 01.02.05 - Механика жидкости, газа и плазмы, - Москва – 2015)



# Динамика тороидальных вихрей

- Процесс образования тороидальных вихрей подробно изучен и описан в диссертационной работе С. А. Складчикова
- ( *Математическое моделирование динамики вихревых структур Складчиков Сергей Андреевич, 05.13.18 — Москва, 2012*).

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial r V_r \rho}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_\varphi \rho}{\partial \varphi} = 0$$

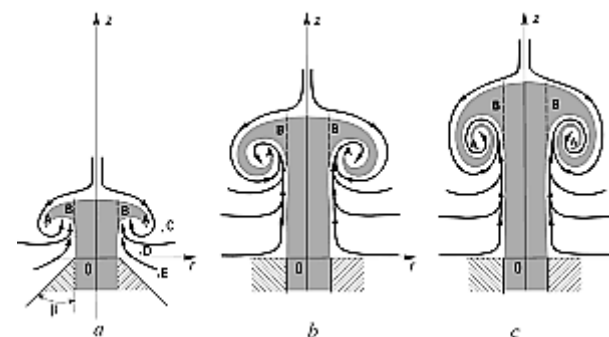
$$\frac{\partial \rho \mathbf{V}}{\partial t} + (\rho \mathbf{V} \nabla) \mathbf{V} = -\nabla P + \mu \Delta \rho \mathbf{V} - \frac{v_0^2 \rho}{r} \theta \mathbf{e}_r - 2\rho [\boldsymbol{\Omega} \mathbf{V}],$$

$$\frac{\partial \rho \theta}{\partial t} + (\rho \mathbf{V} \nabla) \theta = \chi \Delta (\rho \theta) + \rho f(r),$$

$$\boldsymbol{\Omega} = \frac{V_\varphi}{r}, \quad \theta = \frac{(T - T_0)}{T_0}, \quad \mathbf{V} = \begin{bmatrix} V_\varphi \\ V_r \end{bmatrix},$$

$$P = \frac{\rho}{\mu} RT,$$

Образование тороидальной спиральной струи в формирующемся вихре



$V_r, V_\varphi$  Компоненты скорости по координатам  $r$  и  $\varphi$

$P$  Давление

$T$  Температура

$\chi$  Коэффициент теплопроводности

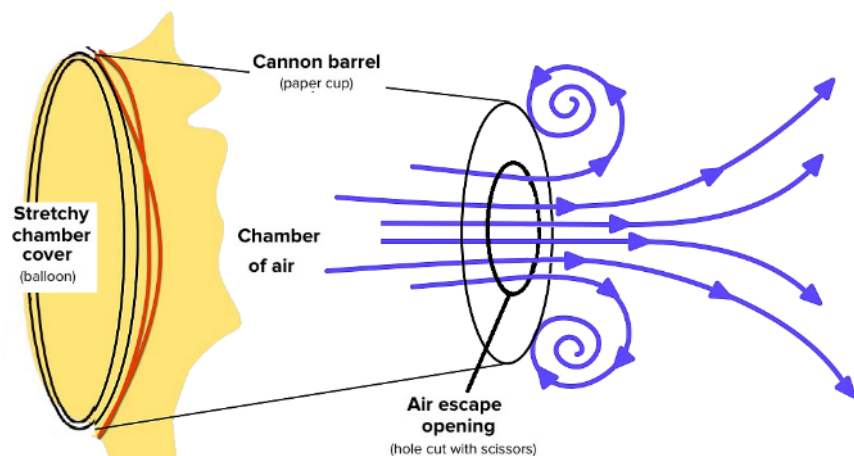
$\mu$  Плотность

$R$  Universal gas constant  
постоянная газовая

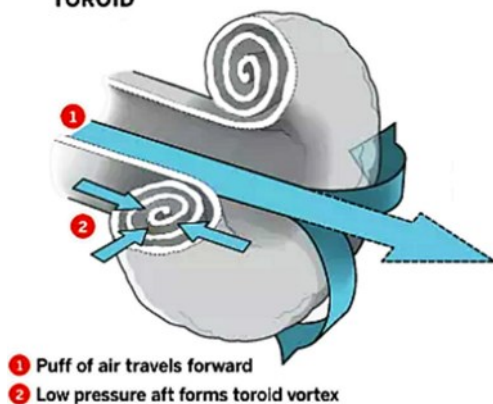
# Шаги ФОПа

## 6. Обобщите функцию объектом и действием функции.

- Как создать тороидальных вихрей простейшим способом.



TOROID

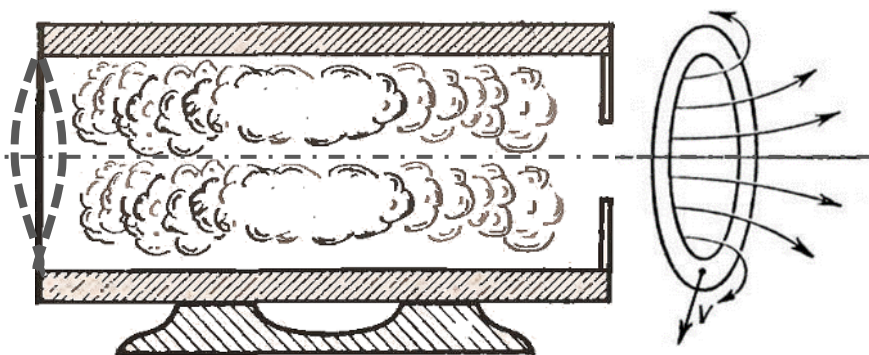


- Тороидальный (выраженный TOR-royd-uhl) вихрь обусловлен трением струи воздуха с краями отверстия пушки и медленным воздухом вне воздушной пушки. Поскольку быстродействующая струя воздуха кисти против жесткого кругового отверстия пушки и медленно движущегося воздуха снаружи, ее края замедляются и скручиваются назад от центра струи, образуя форму пончика, также называемую тором.
- По-прежнему воздух вокруг вихря имеет относительно высокое давление, которое стабилизирует кольцо, когда оно движется вперед, помогая ему сохранять свою форму.

- Эти пушки будут работать только в неподвижном воздухе; ветер разветвит вихревую структуру. В общем, быстрее и меньше вихри рассеиваются быстрее, чем более медленные и более крупные. В контролируемой, неподвижной среде большой, медленный вихрь может перемещаться на большие расстояния.



# Простейший генератор вихрей



Закон движения вихря

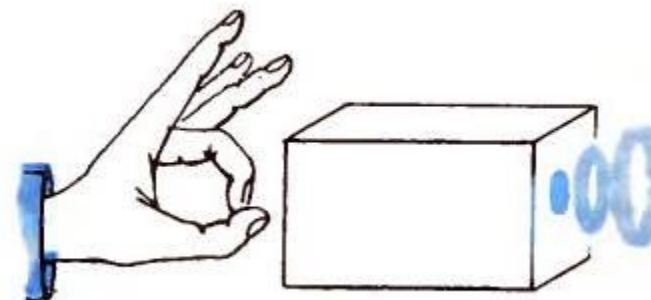
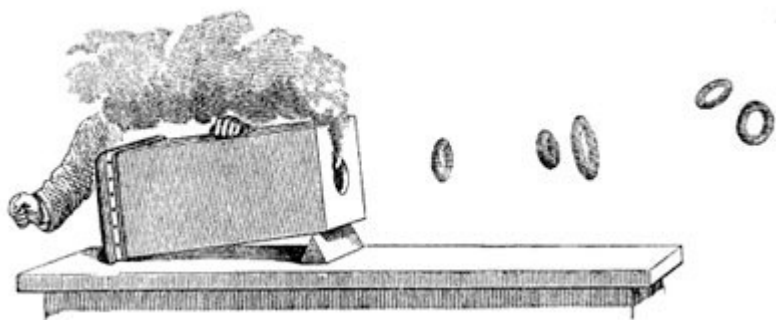
$$L(t) = \frac{R_0}{\alpha} \left[ \left( 1 + \frac{4\alpha V_0}{R_0} t \right)^{1/4} - 1 \right]$$

$R_0$  – Initial radius of the vortex

$V_0$  - Initial velocity of the vortex

$A = 6 \cdot 10^{-3}$  - Coefficient

$L(t)$  – Current distance from the vortex to the generator



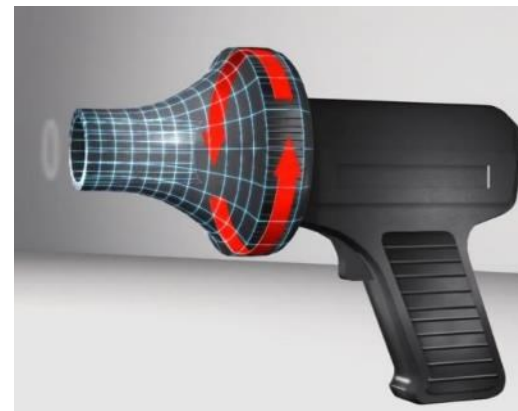
# Шаги ФОПа

**7. Определите функциональные зоны (FLA).**

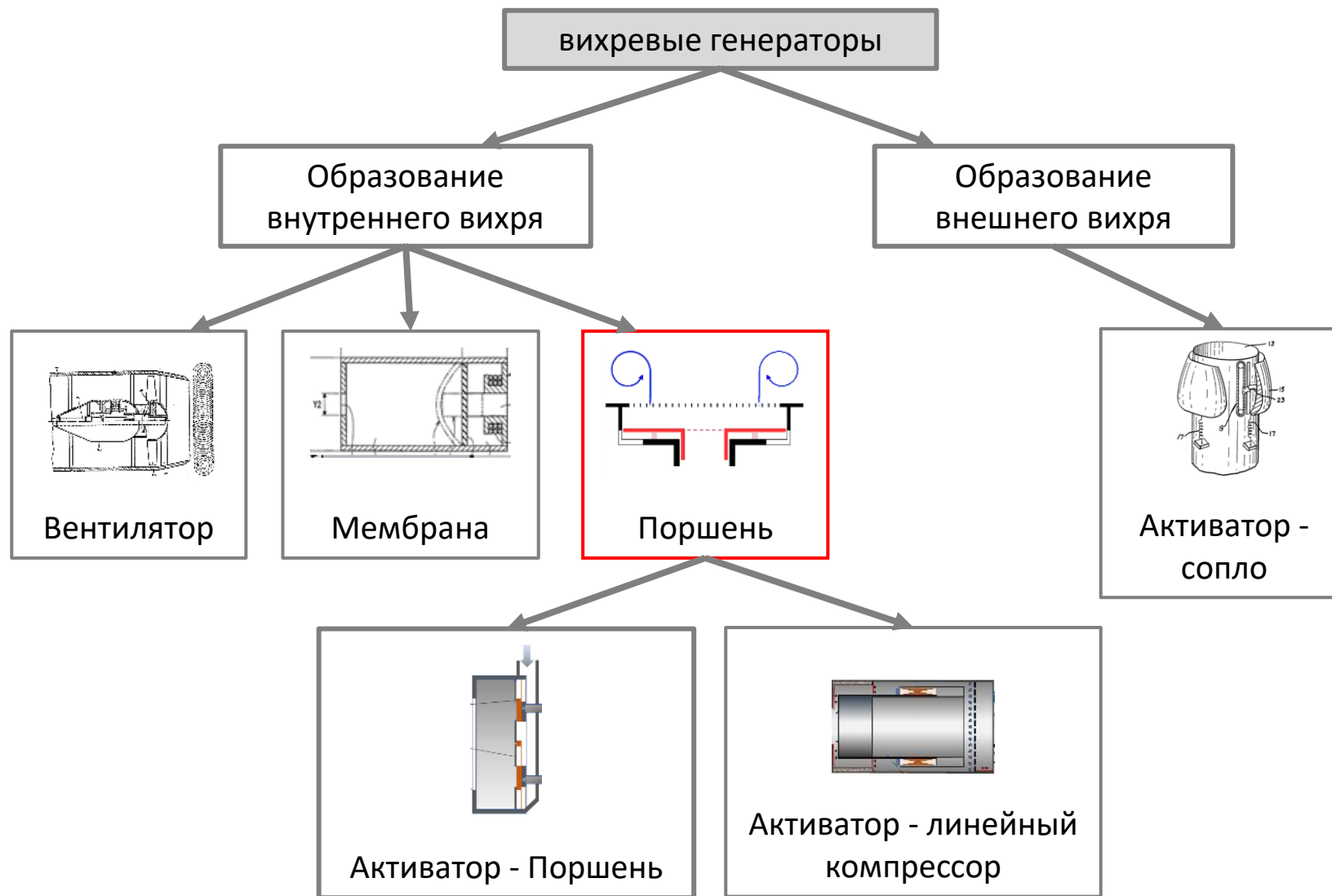
**8. Определите наиболее эффективные технологии в FLA, которые выполняют ту же или аналогичную функцию.**

Отрасли применение вихри:

1. Игрушки
2. Сельское хозяйство
3. Медицина
4. При пожаре
5. Газовое оружие
6. Автомобильная промышленность
7. Выброс на большую высоту дыма и газа
8. Вихревое измельчение материалов
9. Ветровые генераторы



# Структурная схема вихревых генераторов



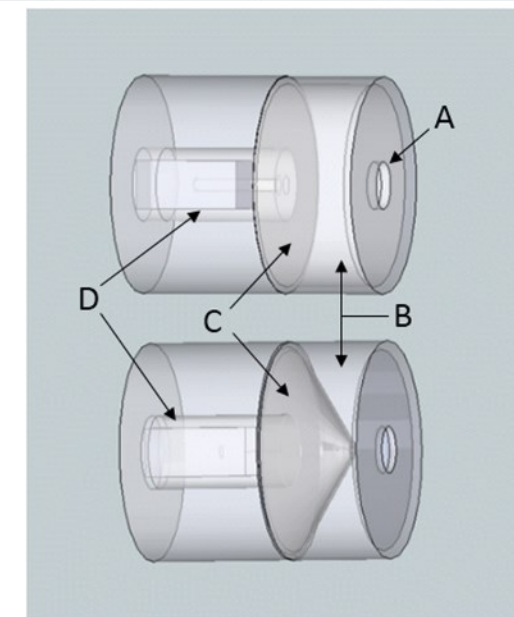
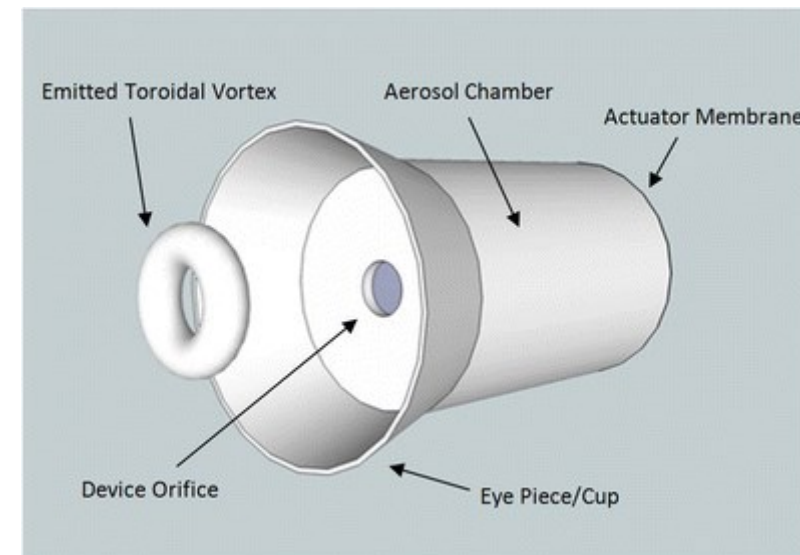
# Шаги ФОПа

**9. Выберите технологию, которая наиболее подходит для выполнения требуемой функции, исходя из требований и ограничений (в первую очередь, MPV) начальной области инноваций.**

Точная доставка препарата в Глаз с помощью аэрозольных кольцевых вихрей

Authors : Matthew J. HerpinHugh D. C. 07 August 2017

Несмотря на то, что глазные капли являются наиболее распространенной лекарственной формой для местного введения в глаза, они имеют несколько хорошо известных недостатков. Учитывая эти ограничения, в этой работе мы представляем новый метод точной доставки офтальмологических препаратов к поверхности глаза при относительно небольшом объеме и низкой скорости. Распыляя лекарственное средство и распределяя его в форме тороидального вихря, обычно известного как “дымовое кольцо”, можно избежать нескольких основных недостатков, связанных с местной доставкой лекарственного средства.



# Шаги ФОПа

**10. Определите начальный уровень коэффициента подобия (SF) между условиями выполнения функции в выбранной технологии и начальной ситуацией инноваций.**

**11. Определите и решите проблемы адаптации, необходимые для увеличения SF, чтобы обеспечить эффективную реализацию выбранной технологии.**

## Этап II: Разработка, изготовление и тестирование прототипа

# Прототип для проверки генерации вихри

Исходная информация

Экспериментальная вентиляторная установка для формирования вихревых колец выглядит следующим образом:

## Основная функция аппарата:

**А** – блок где стоит вентилятор поворотные лопасти

**Б** – блок где стоят поворотные лопасти

**В** – блок где сжимается воздух (работает вентилятор)

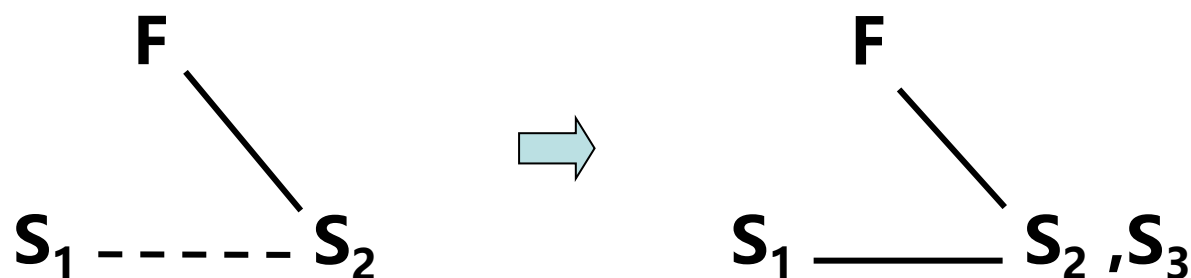
**Г** - блок куда воздух выходит с образованием вихревого кольца

## Проблемы прототипа:

1. Низкое давление воздуха;
2. Вихри некачественно генерируется;
3. Вихри летает нестабильно.

# Увеличение давление воздуха

- Поворотные лопасти так работает, сначала в закрытом виде для создания давления воздуха в генераторе, затем поворачивается и пропускает всё воздух из генератора. Но эти лопасти не могут держать давление воздуха в камере по норму требованию.
- **Вопрос:** как повышать давление воздуха в генераторе?



- Вепольная модель показывает что, инструмент  $S_2$  лопасти не эффективно держать воздух по какому то давлению воздуха  $S_1$ . По стандарту 1.1.3, нужно вывести новый элемент  $S_3$  для увеличения эффективности держания. На практике мы выбрали пористый материал.



# Увеличение качество генерации вихри

- Генератор вихри в цилиндром виде, диаметр сопла ровно с диаметром поворотных лопастей. Это не лучше форма для создания вихри.
- **Вопрос:** как увеличить качество генерации вихри?
- По стандарту 2.4.7, нужно создать такую форму сопла, чтобы воздух образуется в виде колица.

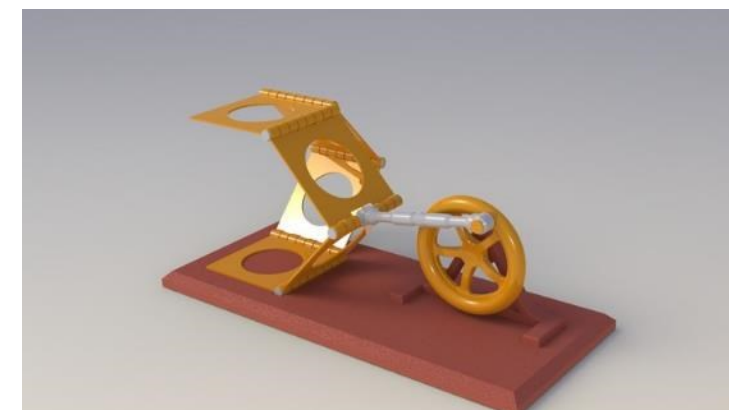
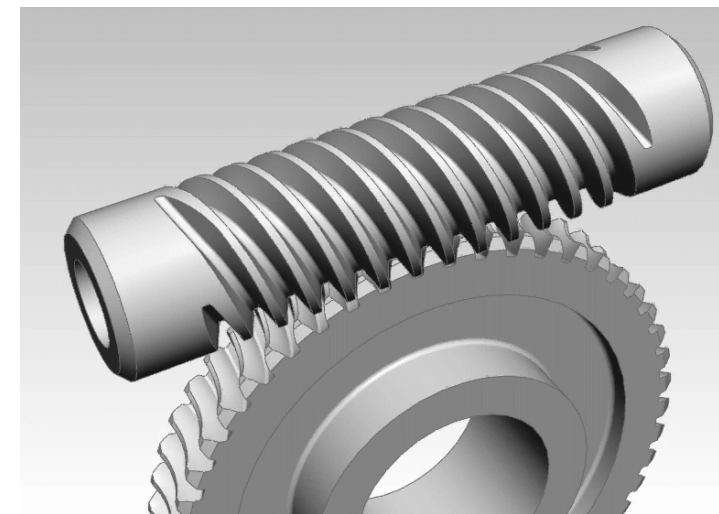
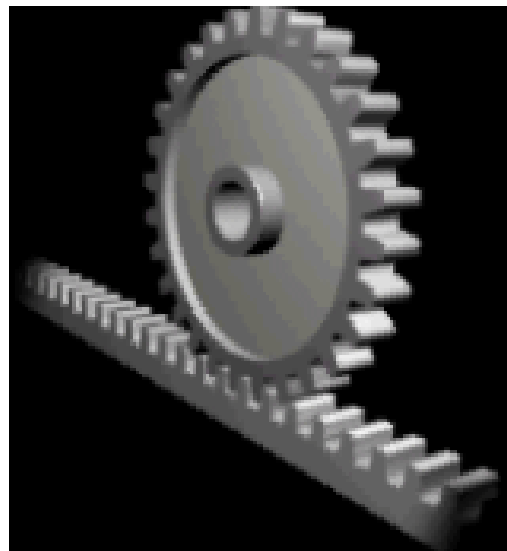
# Увеличение стабильности полета вихри

- Чтобы вихри летает дальное расстояние. Нужен создать параллельный поток перед соплом геренатора, но в данном устройсте, поток воздуха является спиральным, из-за поворотных лопастей.
- **Вопрос:** как исправить поток воздуха на параллельный перед соплом?
- По стандарту 3,1,2, добавление решетки, и вместе с соплом организуются би-систему, чтобы увеличилась стабильности полета вихри.

# Этап III: Решение проблем при тестировании прототипов кондиционера

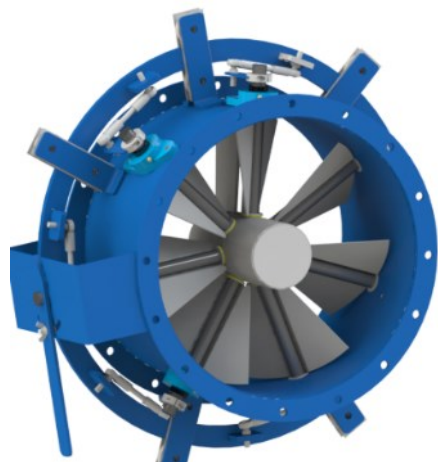
# Улучшение аппарата вихрегенератора

Механизмы поворота для сопла

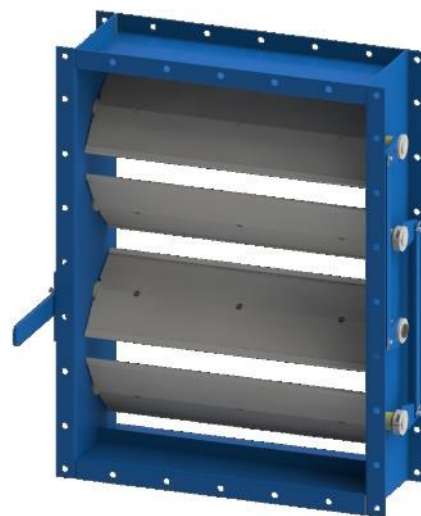


# Улучшение аппарата вихрегенератора

Конструкция со снижением шума



Демпферы с регулируемой входной лопастью (VIV)



Выпускные заслонки  
Противоположное лезвие



Заслонки-бабочки

# Увеличение расстояния полета вихревого кольца

- **Проблемная ситуация:** Кондиционер напольной конструкции снабжен вихреобразователем, установленным в его верхней части. Вихреобразователь имеет цилиндрический корпус, соединенный через отверстие с напольным кондиционером. В передней части вихреобразователя установлено коническое сопло. Перед соплом расположены жалюзи, которые представляют собой набор горизонтальных пластин, которые могут поворачиваться и устанавливаться по потоку воздуха. Жалюзи установлены в призматическом корпусе.

На выходе из сопла установлена выравнивающая решетка.

**Проблема:** образуемое вихрегенератором вихревое кольцо летит на малую дальность. Как повысить дальность полёта кольца?

# Описание исходной ситуации

вопрос	ответ
Название системы	вихреобразователь
Функция, выполняемая системой	Создавать вихревое кольцо
Что нужно улучшить	Увеличение расстояния полета вихревого кольца
Система состоит из элементов	Цилиндрический корпус; жалюзи; короб; коническое сопло; выравнивающая решетка.
Объект обработки системы	воздух
При работе системы возникает нежелательный эффект (НЭ):	Недостаточное расстояние полета вихревого кольца
Суть технологического процесса	Кондиционер создает давление в корпусе вихределателя, затем открываются жалюзи и воздух выходит через сопло, формируя вихрь.

# Определение главной полезной функции

Техническая система	Главная функция	ТС Компоненты	ТС Компоненты НС
Вихреобразователь	Создавать вихревое кольцо	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Цилиндрический корпус;</li><li>2. жалюзи;</li><li>3. короб;</li><li>4. коническое сопло;</li><li>5. выравнивающая решетка.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Поток воздуха;</li><li>2. Электродвигатель;</li><li>3. Напольный кондиционер.</li></ol>



# Матрица взаимодействия элементов

	Цилиндрический корпус	Жалюзи	Короб	Коническое сопло	Выравнивающая решетка	Поток воздуха	Электродвигатель	Напольный кондиционер
Цилиндрический корпус		-	+	-	-	+	-	+
Жалюзи	-		+	-	-	+	+	-
Короб	+	+		-	+	+	+	-
Коническое сопло	-	-	-		+	+	-	-
Выравнивающая решетка	-	-	+	+		+	-	-
Поток воздуха	+	+	+	+	+		+	+
Электродвигатель	-	+	+	-	-	+		-
Напольный кондиционер	+	-	-	-	-	+	-	

# Функциональная модель вихреобразователя

Функция				Тип	Уровень выполнения
Носитель функции	действие	Объект функции	параметр		
Цилиндрический корпус	Удерживает	Короб	координата	П	Адекватная
	Направляет	Воздушный поток	скорость	П	Адекватная
	Соединяет	Напольный кондиционер	координата	П	Адекватная
Жалюзи	Ударит	Короб	скорость	<b>Вр</b>	
	Направляет /тормозит	Поток воздуха	скорость	П	<b>Недостаточная</b>
	Соединяет	Электродвигатель	координата	П	Адекватная
Короб	Соединяет	Цилиндрический корпус	координата	П	Адекватная
	Удерживает	Жалюзи	координата	П	Адекватная
	Удерживает	Выравнивающая решетка	координата	П	Адекватная
	Препятствует	Поток воздуха	скорость	<b>Вр</b>	
	Удерживает	Электродвигатель	координата	П	Адекватная
Коническое сопло	Соединяет	Выравнивающая решетка	координата	П	Адекватная
	Направляет	Поток воздуха	скорость	П	Адекватная

Обозначения: П – полезная функция; Вр – вредная функция

# Функциональная модель вихреобразователя

Функция				Тип	Уровень выполнения
Носитель функции	действие	Объект функции	параметр		
Выравнивающая решетка	Соединяет	Короб	координата	П	Адекватная
	Удерживает	Коническое сопло	координата	П	Адекватная
	Направляет	Поток воздуха	Скорость	П	<b>Недостаточная</b>
Поток воздуха	Контактирует	Цилиндрический корпус	Скорость	П	Адекватная
	Контактирует	Жалюзи	Скорость	П	Адекватная
	Контактирует	Короб	Скорость	П	Адекватная
	Контактирует	Коническое сопло	Скорость	П	Адекватная
	Контактирует	Выравнивающая решетка	Скорость	П	Адекватная
	Контактирует	Электродвигатель	Скорость	П	Адекватная
	Контактирует	Напольный кондиционер	Скорость	П	Адекватная
Электродвигатель	Вращает	Жалюзи	Скорость	П	Адекватная
	Соединяет	Короб	координата	П	Адекватная
	Препятствует	Поток воздуха	Скорость	<b>Вр</b>	
Напольный кондиционер	Удерживает	Цилиндрический корпус	координата	П	Адекватная
	Направляет	Поток воздуха	Скорость	П	Адекватная

# Результаты функционального анализа

Количество функций по уровням выполнения.

Полезные, основные функции	Полезные, вспомогательные функции	Вредные функции
1	24	3

Статистика функций

Количество функций с адекватным уровнем выполнения	Количество функций с недостаточным уровнем выполнения
23	2

Сформулированные задачи по результату функционального анализа:

1. Как сделать, чтобы жалюзи не ударили короб и не создавался шум;
2. Как сделать, чтобы короб не препятствует поток воздуха;
3. Как сделать, чтобы повысить эффективность жалюзи на поток воздуха;
4. Как сделать, чтобы повысить эффективность выравнивающей решетки на поток воздуха.

# Причинно-следственный анализ



Сформулированные задачи по результату причинно-следственного анализа:

1. Как сделать, чтобы открытые жалюзи не расположены в потоке воздуха;
2. Как сделать, чтобы сечение короба равно корпус вихреобразователя и сопло.

# Построение моделей задач

- Из задачи «Как сделать, чтобы жалюзи не ударили короб и не создавался шум», формируется техническое противоречие;
- **Тп1:** лопасти жалюзи должны быстро открываться и закрываются, чтобы генерируется поток вихри, но жалюзи будут сильно ударить короб и между самими.
- **Тп2:** лопасти жалюзи должны медленно открываться и закрываются, чтобы не сильно ударить короб и между самими, но жалюзи не качественно генерируется поток вихри.
- **Улучшенный параметр:** 9 скорость
- **Ухудшаемый параметр:** 31 Вредные факторы самого объекта
- **Рекомендованные приёмы:** 2, 24, 35, 21

# Модель решения и её применения

## **ПРИЕМ 24 ПРИНЦИП "ПОСРЕДНИКА"**

- а) Использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие.
- б) На время присоединить к объекту другой (легко удаляемый) объект.

### **Предварительное решение:**

Поставить шумоизоляционный материал между лопастей и коробом или между лопастями.

### **Результат применения:**

Данный вариант действительно снизил шум удара. Эффект зависит от шумоизоляционного материала, эффективный – дорог, дешевый – неэффективный.

# Модель решения и её применения

## **ПРИЕМ 35 ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА**

- а) Изменить агрегатное состояние объекта.
- б) Изменить концентрацию или консистенцию.
- в) Изменить степень гибкости.
- г) Изменить температуру.

### **Предварительное решение:**

Изготовить край лопасти мягким материалом, чтобы не создается шум при ударе.

### **Результат применения:**

Данный вариант действительно снизил шум удара. Эффект зависит от материала, эффективный – дорог, дешевый – неэффективный.



# Построение моделей задач

- Из задачи «Как сделать, чтобы открытые жалюзи не расположены в потоке воздуха», формируется техническое противоречие.
- **Тп1:** Оси лопасти жалюзи должны расположены в потоке воздуха, чтобы генерируются поток вихри, но жалюзи мешают движение потока воздуха;
- **Тп2:** Оси лопасти жалюзи не должны расположены в потоке воздуха, чтобы мешают движение потока воздуха, но поток воздуха генерируется.
- **Улучшенный параметр:** 5 Длина подвижного объекта
- **Ухудшаемый параметр:** 30 Вредные факторы, действующие на объект
- **Рекомендованные приёмы:** 1, 15, 17, 24

# Модель решения и её применения

## ПРИЕМ 1 ПРИНЦИП ДРОБЛЕНИЯ

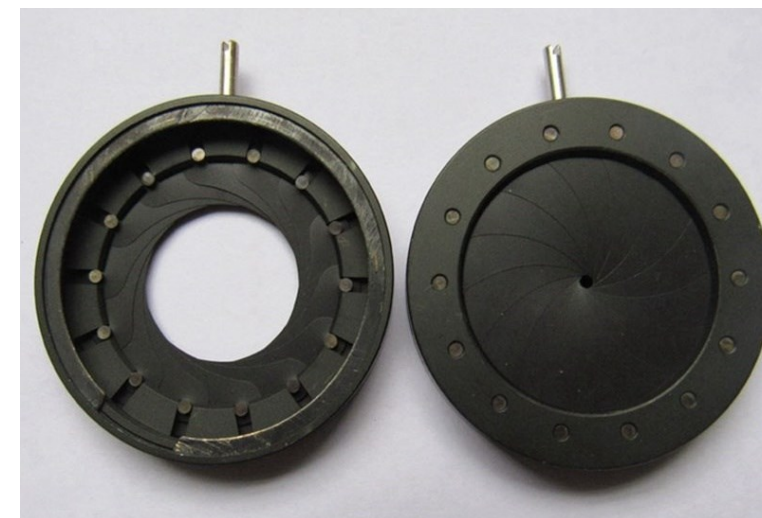
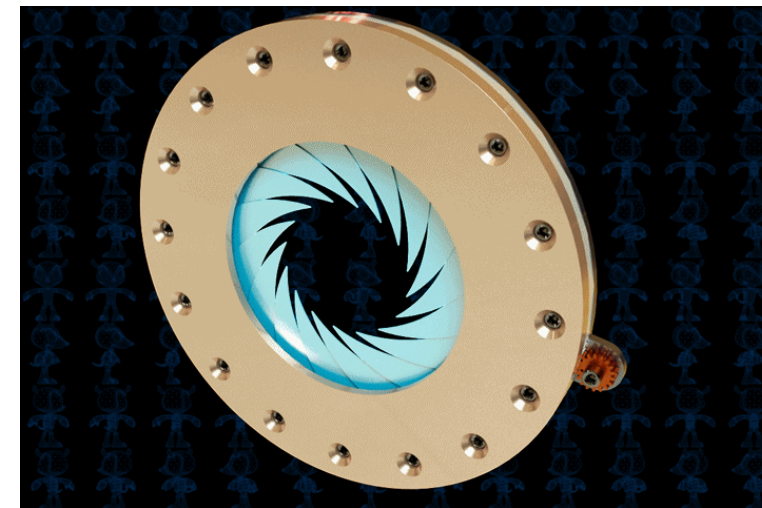
- а) Разделить объект на независимые части.
- б) Выполнить объект разборным.
- в) Увеличить степень дробления объекта.

## ПРИЕМ 15 ПРИНЦИП ДИНАМИЧНОСТИ

- а) Характеристики объекта (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы.
- б) Разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга.

## Предварительное решение:

Совместно придумать приёмы 1 и 15, можно предлагать такой вариант: разбить ось лопасть и сделать его подвижным.



диафрагменный затвор

# Модель решения и её применения

## Результат применения:

Механизм движения лопастей занимает слишком большое место, это не устраивает.

Дольше формируется физическое противоречие:

**Фп1:** Оси лопасти жалюзи должны расположены в потоке воздуха, чтобы генерируются поток вихри;

**Фп2:** Оси лопасти жалюзи не должны расположены в потоке воздуха, чтобы не мешают движение потока воздуха.

## Предварительное решение:

Сделать направление движения лопасти от перпендикулярно с потоком воздуха на параллельно.

# Модель решения и её применения

## Данный вариант имеет много преимуществ:

- Простая конструкция;
- Нет никакого препятствия в центре сопла;
- Поток воздуха не препятствует открытию лопастей;  
Можно удалить из конструкции вихреобразователя выпрямляющую решетку.

## Результат применения:

- Данный вариант решения был принят, и показал хороший результат при тестировании.

# Результаты проекта

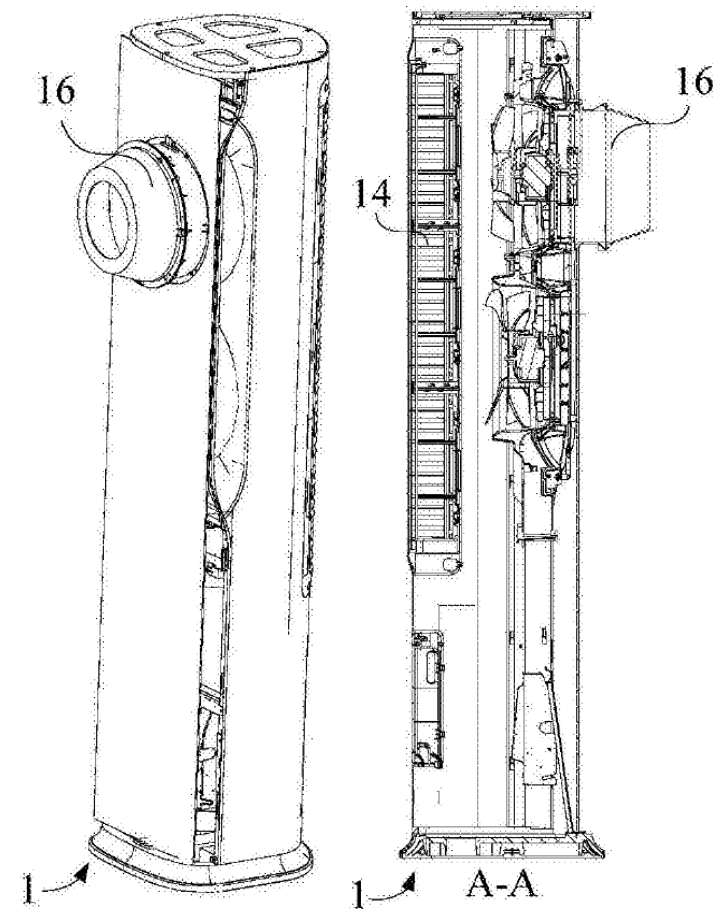
**Цель проекта выполнена:** Построили устройство в напольном кондиционере, создающее кольцевой воздушный поток.

**Все задачи проекта выполнены:**

1. Экспериментальные испытания, которые могут показать эффект «вихревого кольца»;
2. Построить устройство для создания кольцевого воздушного потока;
3. конструировать новый колонный кондиционер с устройством «вихрь».

**Почти соблюдали все ограничения проекта.**

**Зарегистрированы 2 патента.**





*Thank You*