

# Преобразование атмосферного тепла.

## Физическая основа технологии и косвенные подтверждения её работоспособности

### 1. Целесообразность и основные предпосылки для использования атмосферного тепла как основного источника энергии

Всем известно из школьного курса физики, что различные виды энергии в конечном счёте превращаются в тепло окружающей среды и, в частности, атмосферного воздуха. Это происходит в результате сухого и вязкого трения, поглощения электромагнитного излучения, различных химических процессов (например – разложения биологических останков), и т. п. При этом плотность тепловой энергии в атмосфере весьма высока как при положительных температурах (по шкале Цельсия), так и при отрицательных. Теплоёмкость воздуха при постоянном давлении и нормальных атмосферных условиях составляет 1 кДж/кг\*градус. Достаточно охладить 0,8 м<sup>3</sup> на 1 градус за секунду, чтобы получить 1 кВт полезной мощности. При такой стабильности параметров и повсеместном равномерно распределённом наличии было бы странно не использовать этот источник энергии как основной в нашей повседневной жизнедеятельности, как в быту, так и в промышленности. Единственная проблема – разработка замыкающего звена глобального энергетического круговорота, преобразователя тепла в иные виды энергии, более удобные в применении, главным из которых является электричество. И таким преобразователем вполне может служить газодинамическое устройство на основе использования центростремительного газового вихря.

### 2. Физическая основа процесса преобразования хаотического теплового движения в направленный поток

В основе процесса лежит физическое явление, возникающее в жидкой или газовой среде при таком распределении скоростей её потока, когда происходит самоотбор (автоселекция) частиц среды по направлению их теплового движения, близкому к общей скорости потока. Гипотеза о физической сути и описание опытного исследования данного явления изложены в приложении к настоящей статье. Основная идея состоит в том, что в условиях сдвигового взаимодействия условных слоёв среды, возникает дополнительная степень свободы теплового перемещения частиц в направлении общего потока, что приводит к выделению сонаправленной с ним составляющей из хаотического движения частиц. Таким образом, тепловая энергия и превращается в дополнительную кинетическую энергию изначально сформированного потока, обеспечивающую его самоподдержание или усиление (в зависимости от конкретных условий).

### 3. Природные явления, в основе которых лежат процессы динамического преобразования тепла

К наиболее характерным, легко идентифицируемым явлениям такого рода следует отнести центростремительные вихревые процессы, такие как циклоны, тайфуны, торнадо, а также водяные вращающиеся воронки. Именно в этих процессах преобразование происходит с максимальной эффективностью ввиду уникальности их конфигурации, состоящей в том, что окружная составляющая скорости среды в таком потоке не имеет жёсткой зависимости от её радиальной составляющей, определяющей общий расход среды. Окружная составляющая в данном случае нарастает с периферии потока к его центру и определяется лишь скоростью теплового движения, а также балансом центробежных и центростремительных сил. Примеры подобных процессов даны на нижеприведенных рисунках.



Ураган Флойд  
у побережья США



Торнадо



Водяная воронка

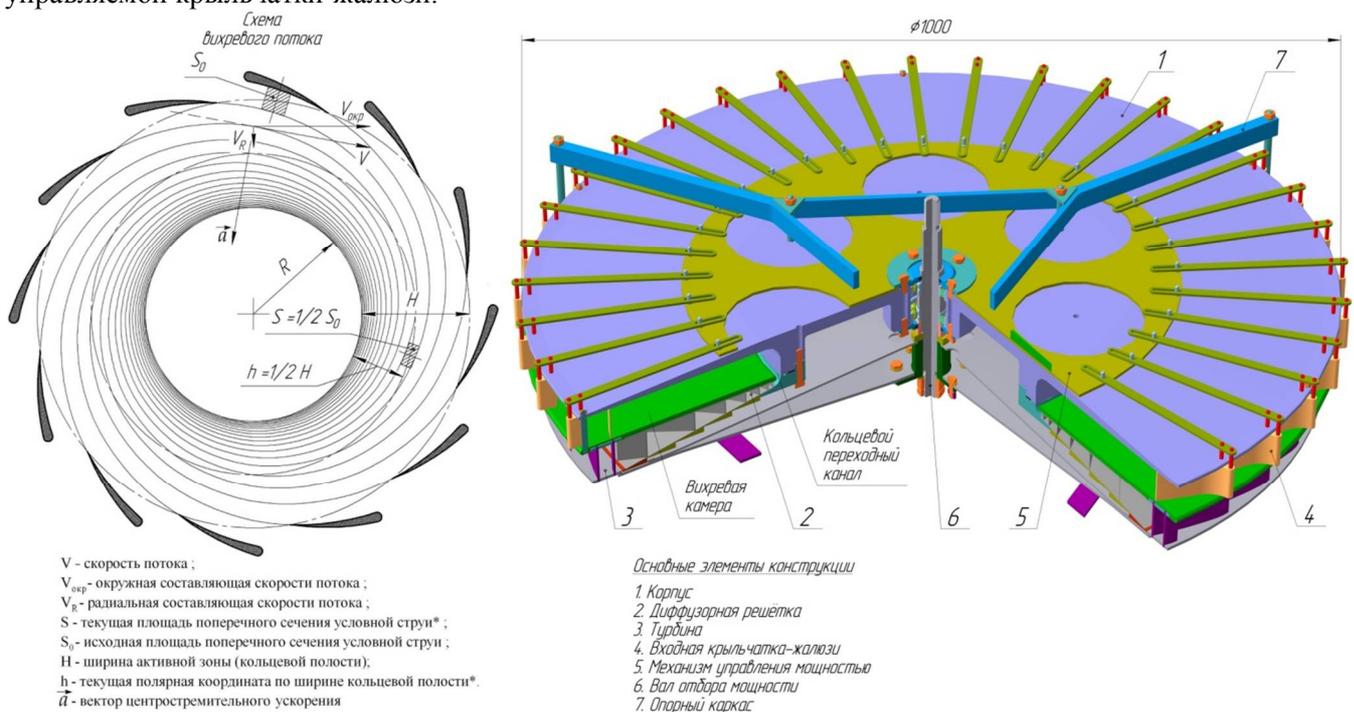
Здесь следует отметить, что в данных явлениях отсутствует важное звено – элемент преобразования кинетической энергии потока в избыточное давление, которое позволяло бы сохранять условия их самоподдержания только за счёт преобразованной тепловой энергии. Поэтому все эти явления существуют только до тех пор, пока сохраняется исходный источник энергии для формирования потоков – тепловая конвекция в случае атмосферных вихрей и гидростатический перепад давления в случае водяной воронки.

#### 4. Варианты конструкции термо-механического преобразователя (ТМП)

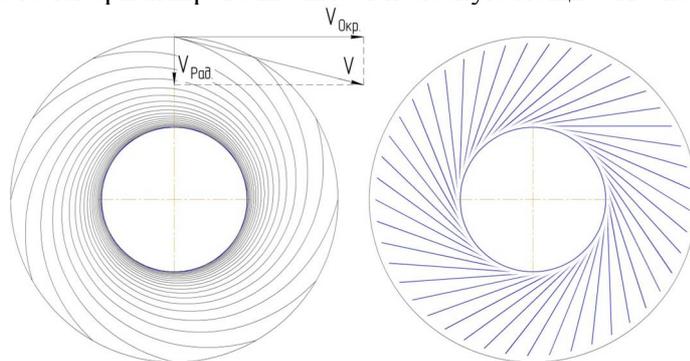
На данный момент рассматривается два варианта конструкции ТМП – диффузорный и роторный. Оба они предназначены для работы непосредственно в среде атмосферного воздуха. Хотя при технической целесообразности вполне возможно их применение и в иных газовых средах.

В первом варианте замыкающим звеном для самоподдержания потока, преобразования кинетической энергии вихря в избыточное давление служит кольцевой блок диффузоров. Центральная часть вихревого потока здесь распределяется по входным каналам диффузоров, и за счёт плавного увеличения площади их сечения скорость потока значительно уменьшается. Энергия возникающего в результате (согласно принципу Бернулли) избыточного давления расходуется частично на компенсацию аэродинамических потерь в проточной части устройства, частично – на привод рабочей турбины, с вала которой снимается полезная мощность.

Во втором варианте в центральной части вихревого потока располагается ротор с лопатками-перегородками, конфигурация которых и скорость вращения ротора подобраны так, что он одновременно преобразует и кинетическую энергию вихря в избыточное давление, и избыточное давление – в полезную мощность на своём валу. На нижеприведенном рисунке показана схема диффузорного ТМП, с блоком стабилизации скорости вращения турбины путём изменения входного сопротивления потоку посредством управляемой крыльчатки-жалюзи.



ТМП диаметром около 1м ориентировочно имеет полезную мощность около 10 кВт



Конфигурация вихревого потока

Конфигурация блока диффузоров

## 5. Исследования и практически применяемые технические решения, в основе которых лежит явление автоселективного преобразования тепла

Ещё в середине прошлого века было сделано научное открытие: "Явление аномально высокого прироста тяги в газовом эжекционном процессе с пульсирующей активной струей".

**Формула открытия:** "Установлено неизвестное ранее явление аномально высокого прироста тяги в газовом эжекционном процессе с пульсирующей активной струей при определенных механико-геометрических соотношениях в потоке, обусловленное тем, что в эжекционном канале возникает течение разделенных (слабо смешивающихся) структур газа с преимущественным увлечением дополнительной массы в волнах разрежения, характеризующимся малой диссипацией энергии".

Авторы: В. Н. Челомей, О. И. Кудрин, А. В. Квасников.

Номер и дата приоритета: № 314 от 2 июля 1951 г.

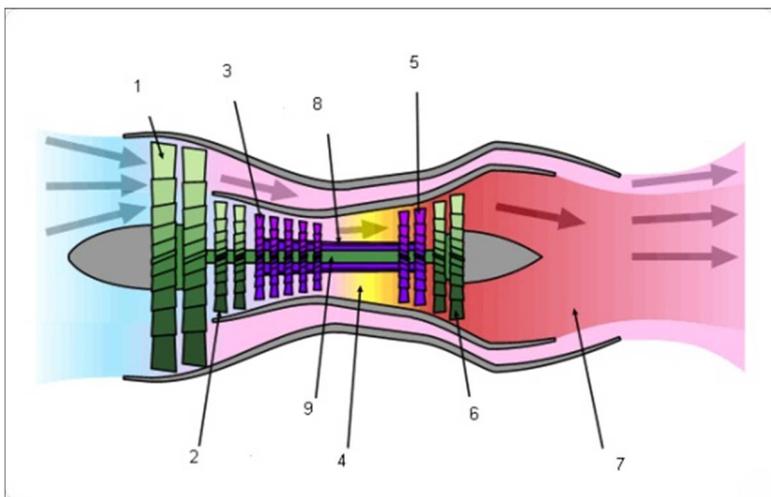
Дата регистрации открытия: 20 марта 1986 г.

### Описание открытия.

Сущность открытия заключается в том, что обнаружено явление необычного аномально высокого прироста реактивной силы при эжектировании атмосферного воздуха пульсирующей активной струей (до 120—140% к исходной тяге). Появление этого эффекта связано с реализацией при определенных условиях особой формы нестационарного движения газа с эжектированием дополнительной массы, определяющей существенно меньшие потери и относительные количества присоединяемой массы. Научное значение открытия состоит в том, что оно существенно расширило представление о природе формирования нестационарных течений газа.

Практическое значение открытия заключается в том, что, учитывая его, возможно повысить эффективность технических устройств, в которых используется струйное присоединение дополнительной массы — реактивных двигателей, газотурбинных установок, эжекторов, элементов струйной пневмоавтоматики и др.

Данный эффект в настоящее время успешно используется для увеличения тяги авиационных реактивных двигателей.



Двухконтурный реактивный двигатель

Ещё ранее, в конце 20-х годов, французским инженером Жозефом Ранке был обнаружен эффект возникновения разности температур в газовом вихревом потоке, который позднее был исследован немецким учёным Робертом Хилшем и ныне именуется эффектом Ранка-Хилша. На основе данного эффекта действует труба Ранка, схема которой показана ниже. Спиральный поток в трубе разделяется на горячую периферийную область и холодную осевую.

Оба эффекта имеют общий признак газодинамического процесса – сдвиговое взаимодействие слоёв среды, только в случае аномального прироста тяги фигурирует прямолинейный газовый поток.

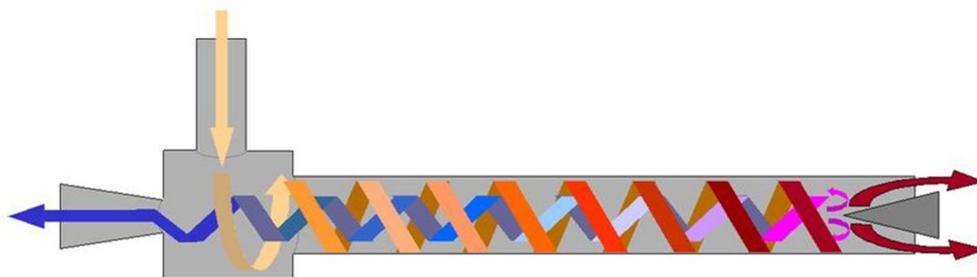


Схема трубы Ранка

В настоящее время уже широко распространены такие бытовые приборы как безлопастные вентиляторы, в которых воздушный поток инициируется струёй воздуха, создаваемой посредством небольшой турбины в основании прибора и кольцевого сопла. Эффект, создаваемый таким вентилятором, аналогичен описанному в формуле открытия 1951-го года и его наличие подтверждается сравнением интенсивности потоков от безлопастного и лопастного вентиляторов, имеющих двигатели одинаковой мощности. Поток безлопастного преобладает примерно в 2 раза. Ниже показана схема процесса.

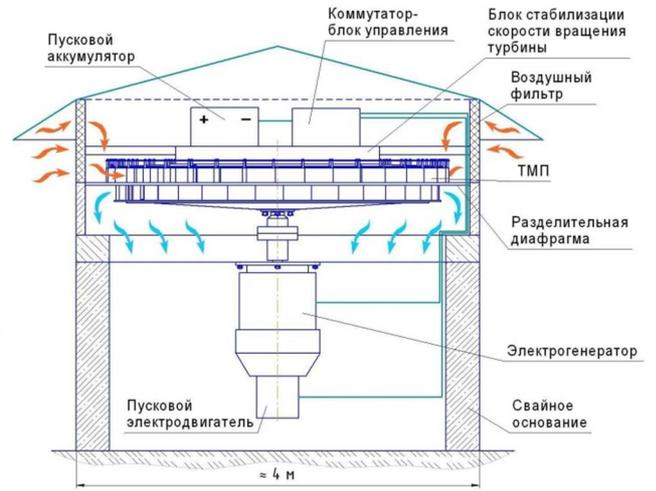
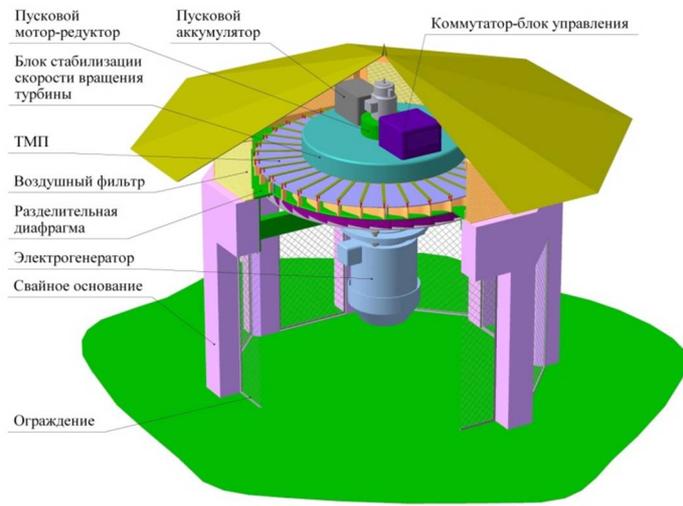


Похожее явление наблюдал в своих опытах с истечением воздуха из щелевых сопел и Ю. Володько. Хотя он пытался объяснить эффект с несколько иной точки зрения. Но наиболее логично эффект объясняется именно преобразованием тепловой энергии вовлекаемого воздуха в его направленный поток путём самоупорядочения молекулярного движения.

Наличие перечисленных явлений говорит о том, что в случае центростремительного вихря вращение его центральной части как замкнутой кольцевой струи вполне может поддерживаться за счёт тепловой энергии воздуха, эжектируемого с периферии, без дополнительных источников энергии. Более того, при правильно подобранных параметрах потока в данном процессе может преобразовываться из тепловой в кинетическую больше энергии, чем требуется на поддержание условий процесса. Что и планируется осуществить посредством ТМП.

Для диффузорного варианта ТМП глобальный круговорот энергии будет схематично выглядеть следующим образом





Рекуперативная электростанция мощностью порядка 200 кВт на основе ТМП диффузорного типа

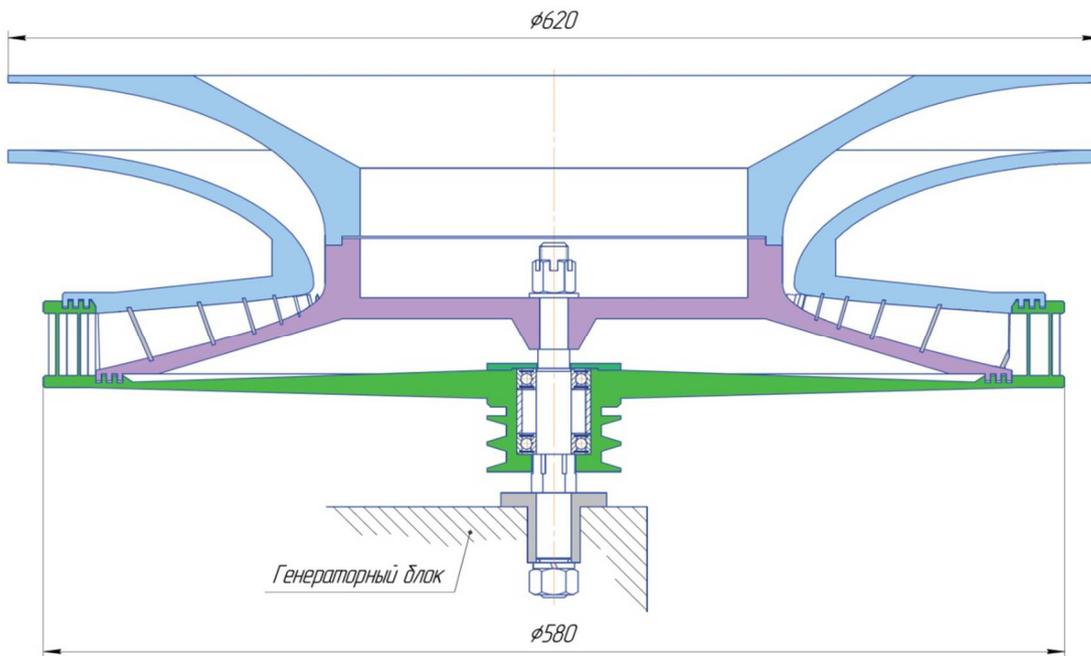
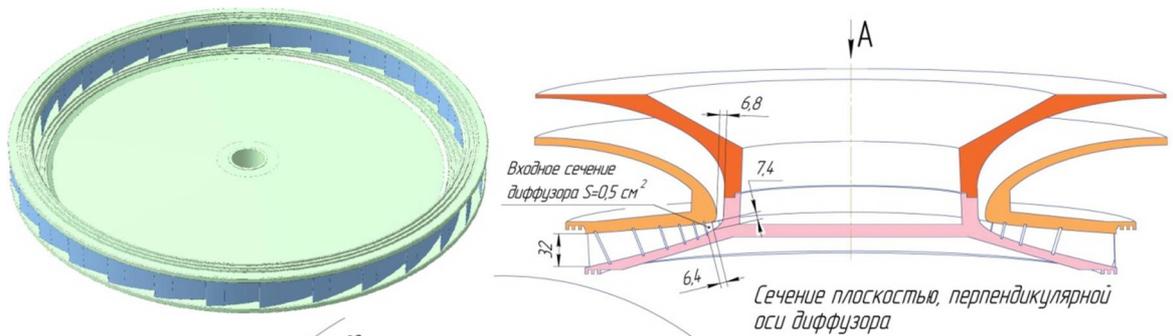
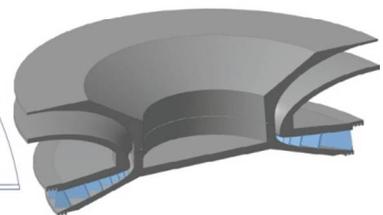
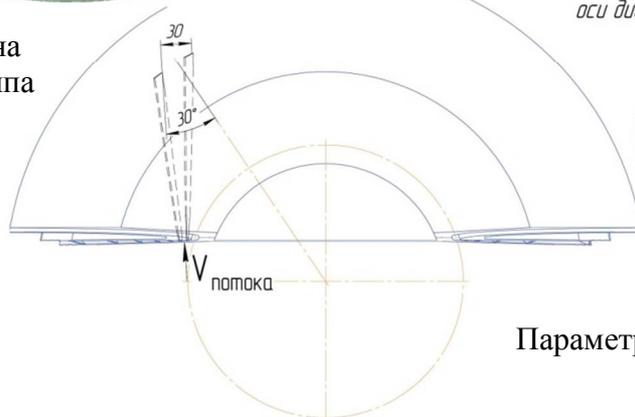


Схема диффузорного ТМП с воронкообразной вихревой камерой



Рабочая турбина радиального типа



Параметры диффузора

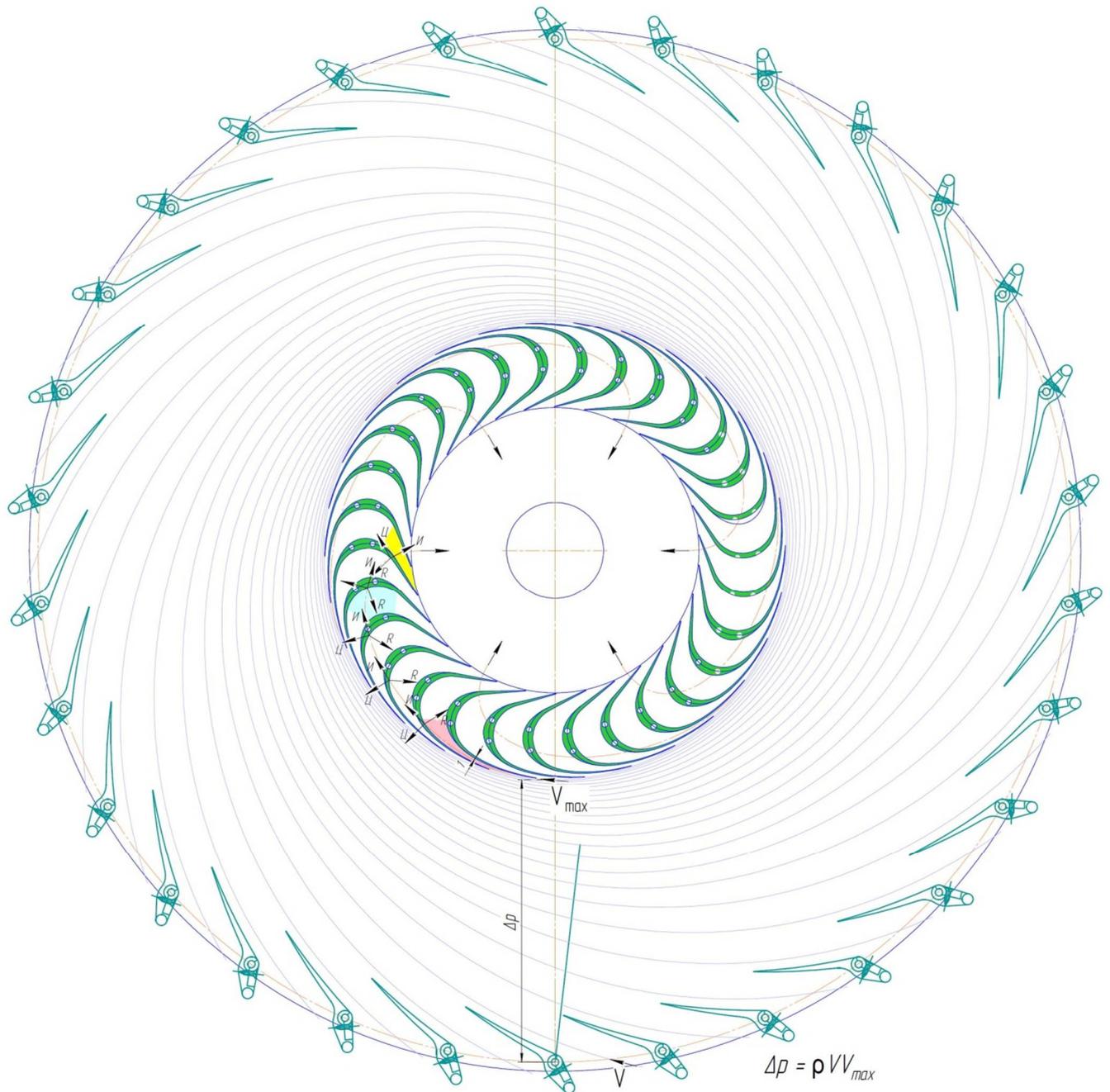
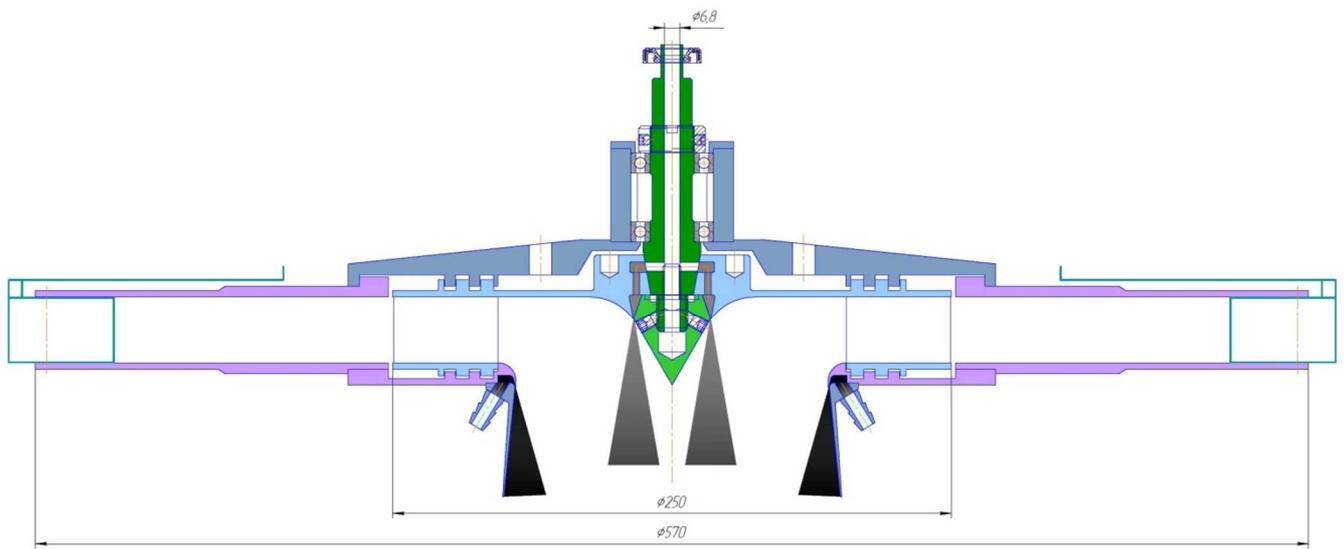


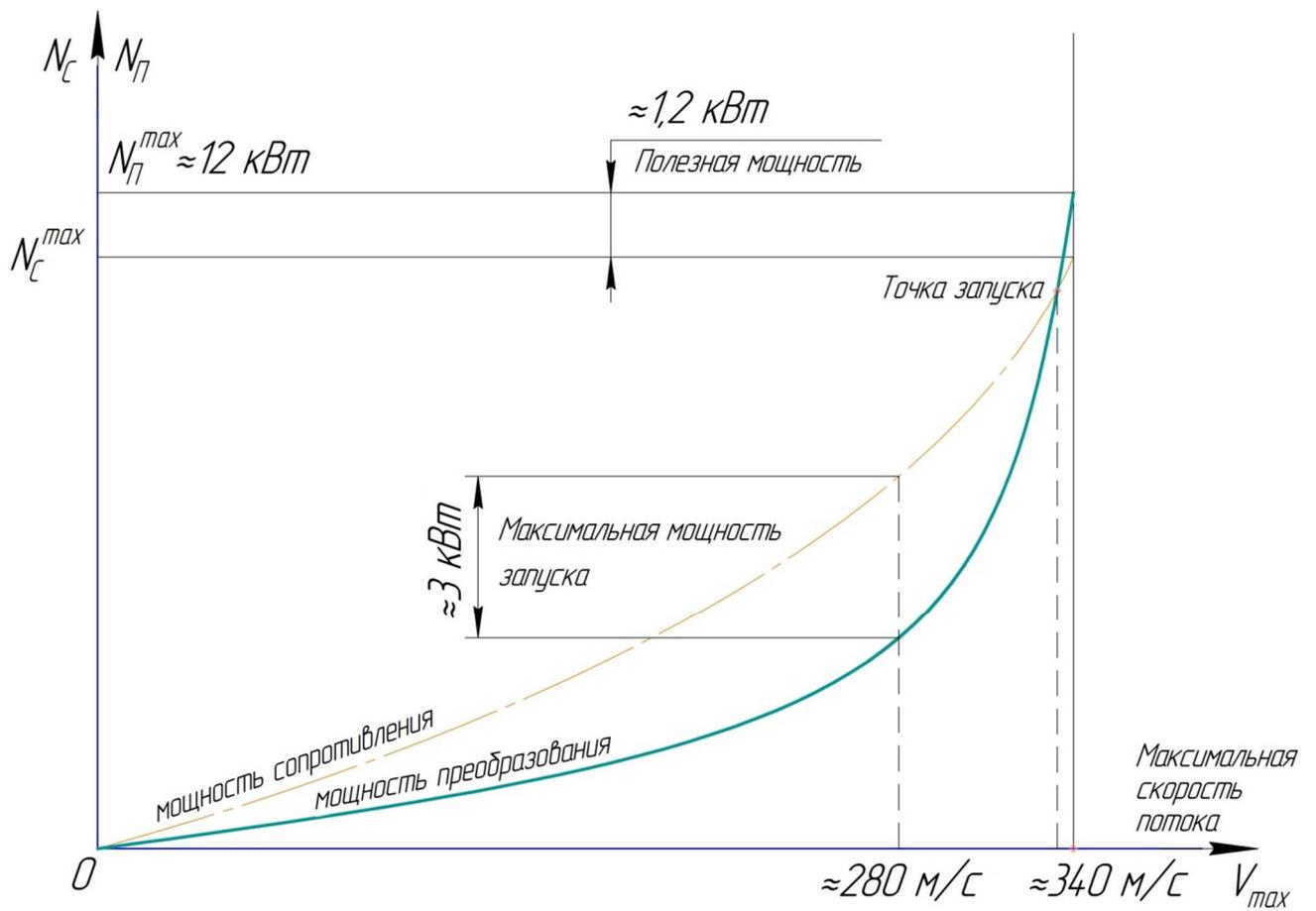
Схема ТМР роторного типа. На поперечном разрезе тёмным цветом показаны иницирующие воздушные струи при эжекционном запуске устройства (путём подачи сжатого воздуха в специальные сопла). Таков один из вариантов запуска, поскольку путём приложения к ротору крутящего момента в данном исполнении ТМР запуск невозможен.



Первоначальный вид опытной модели ТМП



Опытная модель на пусковом блоке с усиленной турбиной и двигателем 3 кВт



Пусковая диаграмма соотношения мощностей

К настоящему моменту была изготовлена только одна опытная модель ТМП диффузорного типа с использованием деталей из стали (в том числе – нержавеющей) и оргстекла. Диффузорный вариант цилиндрической схемы и указанные материалы были выбраны из-за жёсткого ограничения доступных материальных ресурсов. Внутреннюю поверхность проточной части (ПЧ) планировалось покрыть слоем эпоксидного состава, дающего при затвердевании глянцевую плёнку (за счёт поверхностного натяжения в жидком состоянии), что способствовало бы минимизации сопротивления воздушному потоку. Однако, заливка прошла не совсем удачно, поэтому около половины поверхности диффузоров осталось без покрытия. Кроме того, не слишком удачно был выбран угол наклона осей диффузоров относительно радиуса ПЧ, и входное сечение оказалось меньше оптимального для данного масштаба конструкции.

Всё это привело к тому, что общее сопротивление ПЧ потребовало значительного исходного перепада давления, необходимого для запуска процесса. Соотношение мощностей при запуске показано выше на соответствующей диаграмме. Параметров рабочей турбины оказалось недостаточно для получения разрежения в блоке диффузоров, необходимого для достижения пусковой скорости потока. Не исключено, что сопротивление вообще слишком велико для самоподдержания процесса (т. е. – кривые на диаграмме не пересекутся).

С учётом всех этих опытов была сделана попытка изготовить новую модель путём сборки ПЧ из отдельных пластиковых секторов, выполненных путём 3D-печати и литья в силиконовые формы. Такая технология была выбрана, опять же, за неимением лучшего, ввиду отсутствия доступного оборудования для получения цельных деталей нужного масштаба. Однако недостаточная точность литья вызвала проблемы со сборкой секторов в единое целое. Поэтому работы пока приостановлены. Заготовка данной ПЧ показана на рисунке ниже.



Представляется очень перспективным изготовление опытной модели роторного ТМП, так как в его схеме ротор выполняет одновременно функции диффузора и рабочей турбины, преобразует одновременно кинетическую энергию вихревого потока в механическую и в избыточное давление, необходимое для поддержания циркуляции воздуха. При этом общее сопротивление может быть существенно снижено, за счёт чего упрощается запуск устройства и повышается его удельная мощность. Но конструкция роторного ТМП требует более высоких технологий (например, вакуумно-диффузионная сварка деталей ротора) и более высокой точности изготовления, вследствие чего от этого варианта ранее пришлось отказаться за неимением соответствующих технологических возможностей. Скорость вращения ротора диаметром 250 мм должна составлять около 10'000 об/мин. Мощность ТМП такого масштаба, как показана на вышеприведенных иллюстрациях, ориентировочно составит 3,5 кВт. При увеличении масштаба устройства мощность возрастает в квадратичной зависимости, а частота вращения ротора снижается.

Более полное представление о сути процесса преобразования тепла даст также следующее описание. Каждая молекула обладает кинетической энергией, соответствующей скорости своего движения. Суммарную энергию этого хаотического движения называют тепловой энергией. Её величину можно наглядно проиллюстрировать следующим образом: Поскольку средняя скорость теплового движения при температуре минус 20°C составляет около 460 м/с (среднестатистическая скорость полёта пули), суммарная кинетическая энергия молекул какого-либо объёма воздуха соответствует массе этого объёма. Например, энергия 1 кубометра воздуха равноценна энергии пушечного снаряда массой 1,2 кг. Полная тепловая энергия одного кубометра воздуха при данной температуре равна работе по подъёму груза массой полторы тонны на высоту 10 метров. И мы в буквальном смысле постоянно плаваем в океане этой энергии. Температура минус 20°C выбрана для данного примера именно с той целью, чтобы показать: наше субъективное ощущение холода вовсе не является признаком отсутствия энергии вокруг нас. Более того, этот энергетический океан постоянно пополняется, поскольку вся, абсолютно вся энергия, которой мы пользуемся в ходе своей жизнедеятельности (включая и ту, что поступает к нам от Солнца), в конечном итоге превращается в атмосферное тепло. И этот энергетический поток вполне может быть превращён в вечный круговорот. Не достаёт лишь единственного замыкающего звена, в качестве которого и может служить термо-механический преобразователь. ТМП представляет собой газодинамическое устройство. Рабочим телом для него может служить практически любой газ. Но технически проще всего применять именно атмосферный воздух, непосредственно и являющийся главным энергоносителем. В дальнейшем описании он и будет фигурировать как рабочее тело. Принцип действия ТМП, по сути, довольно-таки прост. Если в статическом состоянии какого-либо объёма воздуха его молекулы движутся хаотически, то при переходе воздуха в динамическое состояние, возникновении в нём потока определённой конфигурации, тепловое движение приобретает упорядоченность. Вероятность тепловых перемещений молекул теряет изотропность (равенство по всем направлениям), и то, что было температурой, становится приращением мощности изначально созданного потока. Вопрос заключается лишь в том, чтобы найти нужную конфигурацию потока для наиболее эффективного преобразования тепла. Впрочем, природа веками давала нам подсказку. Это центростремительный вихрь, в котором среда движется с периферии к центру вращения с нарастанием окружной скорости. Каждый из нас имеет представление о тех же циклонах, тайфунах и торнадо, или же – о самой обыкновенной водяной воронке в ванне. Такой процесс происходит и в жидкой среде, только намного менее эффективно, поскольку молекулы жидкости не имеют свободного пробега. В этом вихревом движении молекулы движутся просто по пути наименьшего сопротивления. В отличие от прямолинейного истечения из сопла вихревой поток имеет одно немаловажное свойство. Расход воздуха в нём определяется радиальной составляющей скорости, с которой окружная составляющая не имеет жёсткой связи. Она ограничена только противодействием от действия центробежной силы. Динамика вихревого потока даёт молекулам дополнительную степень свободы именно в направлении его окружной скорости, центростремительный градиент (интенсивность и направление изменения) которой и является фактором, перестраивающим тепловое движение из хаотического во всё более сонаправленное при каждом столкновении молекул по мере их перемещения с периферии в центральную часть потока. Ведь относительно каждой молекулы соседний молекулярный слой, ближайший к центру, движется в сторону вращения чуть быстрее, чем ближайший к периферии. Интенсивность столкновений в направлении сходящейся спирали оказывается меньшей, чем в противоположном, что и определяет путь наименьшего сопротивления. Это похоже на суперкомпьютер, пересчитывающий структуру молекулярного движения со скоростью, равной 5-и миллиардам операций в секунду, умноженным на число молекул в рабочем объёме. А программа пересчёта задаётся лишь геометрической формой проточной части устройства.