

## Бесклапанной Pulsejet Двигатели 1,5

- Исторический обзор бесклапанной конструкции pulsejet -

Бруно Ogorelec



Идея, что простейший двигатель энтузиаст может сделать в домашних условиях реактивный двигатель будет звучать странно

Большинство людей - мы воспринимаем реактивных двигателей, как большой комплекс приспособлений нажатием многомиллионный самолетов через небо. Тем не менее, это совершенно верно. В своей основной форме - бесклапанной pulsejet - струи

Двигатель может быть просто пустой металлической трубки в форме надлежащим образом. Каждый в состоянии сократить листового металла и присоединиться к металлическим частям можно построить один в гараже или подвале мастерской.

Из-за своеобразного исторических обстоятельств, этот интересный факт сбежал общественного внимания. Это не знакомы даже энтузиасты реактивного движения. Вы не очень вероятно, увидеть или услышать рев реактивных двигателей в людей задних дворах в воскресенье днем. Немного, если любой народ можно увидеть летящего

самолета на питание от реактивных двигателей они построили сами.

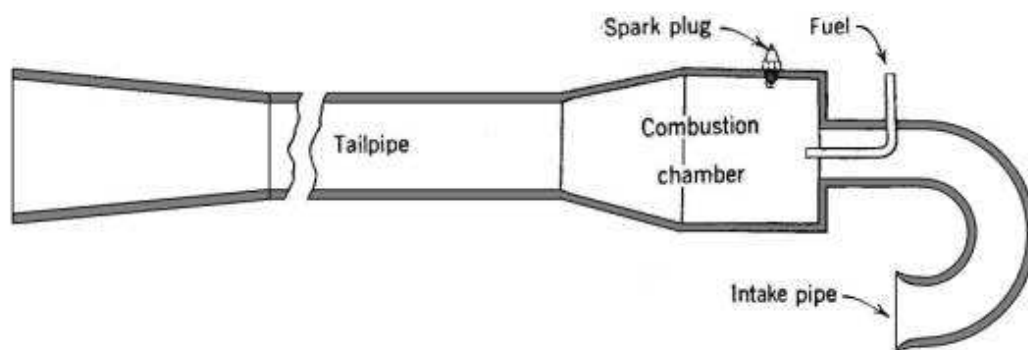
Этот документ призван помочь изменить эту ситуацию.

Однако, это не инструкции грунтовки. Это попытка описать и объяснить бесклапанной pulsejet в принцип. Он также предлагает набросок удивительное разнообразие макеты изобретателей и разработчиков пытались в течение долгих, но неясной историей этого устройства.

Моя цель, чтобы вдохновить, а не учить. Моя цель показать, что реактивной мощности является доступным для каждого в большое разнообразие простых способов. Если вы найдете вдохновение, много информации о практические шаги по реактивной мощности будут доступны в других местах.

### КАК бесклапанной РАБОТЫ PULSEJET?

На рисунке ниже показана одна из многих возможных макетов бесклапанной двигателя pulsejet. Он имеет камеры с двумя трубчатыми портов разной длины и диаметра. Порт на правом, изогнутый в обратном направлении, является потребление труб. Больше, вспыхнул один на левой выхлопных газов, или выхлопной трубы. В некоторых другие двигатели, это выхлопная труба, которая согнута в U-образной формы, но главное, что концы обоих портов точки в том же направлении.



Когда топливо-воздушной смеси сгорает в камере, процесс порождает большое количество горячего газа очень быстро. Это происходит настолько быстро, что она напоминает взрыв. Немедленно, взрывчатых рост внутреннее давление первой сжимает газ внутри, а затем толкает его насильно из камеры.

Два мощных рывков горячего расширяющегося газа созданы - большой, который дует через выхлопную трубу и меньший дуть через забор. Оставив двигатель, две струи оказывают импульса тяги - они толкают двигателя в противоположном направлении.

Как газ расширяется и впадает камеры сгорания, давление внутри двигателя падает. Благодаря по инерции движущегося газа, это падение продолжается в течение некоторого времени даже после того, давление падает обратно в атмосферное. Расширение останавливается только тогда, когда импульс газового импульса полностью израсходованы. В этой точки, есть частичный вакуум внутри двигателя.

Теперь процесс изменяет себя. За пределами (атмосферного) давления в настоящее время выше, чем давление внутри двигателя и свежий воздух устремляется в концах двух портов. На потребление стороны, это

быстро проходит через короткую трубку, попадает в камеру и смешивается с топливом. Выхлопной трубы, однако, является довольно долго, так что входящий воздух даже не дошли до камеры до двигателя заправленные и пики давления.

Одной из главных причин для дополнительных длина выхлопной трубы является сохранение достаточно горячих выхлопных газов в двигатель в момент всасывания начинается. Этот газ является значительно разреженной путем расширения, но внешнее давление будет толкать его обратно, и увеличение его плотности снова. Вернувшись в камеру, это остатки предыдущей сгорания смеси энергично свежее топливо-воздушной смеси, которая поступает из другой стороны. Теплота камеры и свободных радикалов в сохранены газ будет причиной воспламенения и Процесс будет повторяться.

Свечи зажигания показано на рисунке необходимо только на начальном этапе. Как только двигатель пожаров, сохранить горячего газа обеспечивает самовозгорания и свечи зажигания становится ненужным. Действительно, если искры зажигания слева о, это может мешать нормальному функционированию двигателя.

Мне потребовалось более 300 слов, чтобы описать это, но этот цикл на самом деле очень кратким. В небольшой (летающие Модель размера) pulsejet, это происходит более 250 раз в секунду.

Цикл аналогично обычным двигателем pulsejet лоскут-клапанный, как большой Аргус (которые Работает V-1 летающая бомба) или малых Dynajet использоваться для питания летающих моделей. Там, рост давление делает клапан закрылки закрываться, оставляя только один путь для горячего газа пойти - в выхлопные трубы. В J-образных и U-формы бесклапанной двигателей, газовых извергает из двух портов. Это не имеет значения, потому что они оба ориентированы в том же направлении.

Некоторые дизайнеры бесклапанной pulsejet разработали двигатели, которые не изогнутые назад, но работают различные трюки, которые работают в аналогии с клапанами - т.е. они позволяют свежему воздуху войти, но запретить горячего газа от получения через забор. Опишем некоторые из этих трюков на более позднем этапе.

Вы можете задаться вопросом о резкий переход от потребления тракта в камеру. Это необходимо создания сильной турбулентности в поступающего воздуха, так что он смешивается с впрыскиваемого топлива правильно. Мягкий,

более постепенный вход не будет генерировать необходимые закрученного газов. Кроме того, турбулентность увеличивается интенсивность горения и скорости тепловыделения.

## **НАЧАЛО**

Идея использования упругих свойств воздуха для генерации мощных импульсов очень стар. Первый pulsejet Двигатели были построены во Франции в самом начале 20 века. Они обнаружили, только очень ограниченный

использовать в это время и были вскоре забыты для всех практических целей.

В 1930-х годов, однако, немецкий инженер Пауль Шмидт вновь принцип случайно в то время как пытаются разработать детонации двигателя. Он построил ряд внушительных pulsejets с клапанами. Примерно в то же время и в той же стране, инженеры компании двигателя Argus работали над бесклапанной устройства, которые использовались сжатого воздуха.

Обстоятельства были гораздо более благоприятной в настоящее время. Мир готовится к большой войне и боевые машины были готовятся. Немецкий военного министерства принес Шмидта и Argus вместе, что привело к разработке первого массового производства реактивных двигателей. Как двигателей Шмидта, он использовал клапанов и естественное стремление, но ее механизмы были значительно изменены Argus.



Таким образом, в то время как против сторон во Второй мировой войне все еще пытались собрать свой первый реактивных Истребители в 1944 году, Vergeltungswaffe 1 (или V-1 для краткости) регулярно жужжать свой путь к Англии с 1870-фунт нагрузки взрывчатых веществ. Его Fieseler планер был оснащен Argus до 109 - 014 pulsejet двигателя. Вы можете видеть одну пролетел над английской сельской местности на фото справа.

Полная простота, низкая стоимость и продемонстрировал эффективность pulsejet впечатление союзники так много, что они очень хотелось иметь что-то подобное. Это выглядело удивительно, что все устройства просто может власть серьезные летательный аппарат. Захваченные примеры Argus были тщательно изучены и копии построены и испытаны.

Очень скоро стало очевидно, что pulsejet были определенные недостатки и ограничения, но основной принцип по-прежнему выглядела очень привлекательно и идеи для улучшения изобилвала. Различные использует для устройства были рассматривается. Ford Motor Company построен надлежащего сборочную линию для производства Argus копий. С конце войны, некоторые из проектов были затоплены, но холодная война началась вскоре и поисков для лучшего pulsejet продолжение.

К сожалению, прогресс был очень медленным и чисто постепенным. В середине 1950-х годов, после десятилетия усилия, разработчики были не намного лучше, чем их немецкие военные предшественников. В

оощеи

Напротив, достижения в области дизайна турбореактивных за тот же период были огромны. К тому времени, турбореактивных питанием бойцов уже Корейской войны за ними. Turbojet стратегические бомбардировщики с ядерным оружием в их бомбы заливов и турбореактивные авиалайнеры готовились, чтобы заработать себе качество проведения бизнесменов и богатых простоя с континента на континент.

Это становится совершенно ясно, что турбореактивный был реактивный двигатель будущего. Инженеры были еще беспокоится обещанием pulsejet, но реальность не может быть отказано. Во время 1950-х и 1960-х годах, большинство исследователей pulsejet постепенно отказались от своих усилий и обратился к другим вещи.

## ПРЕИМУЩЕСТВА

Что изначально привлекло и возбужденных исследователей и разработчиков, прежде всего о pulsejet Двигатель был оригинальным свойством пульсирующего горения - это может быть само-сжатия. В pulsejet, топливо-воздушной смеси не горит постоянно, при постоянном давлении, как это происходит в других реактивных двигателей. Он горит с перерывами, в быстрой последовательности взрывных импульсов. В каждом импульсе, газообразных продуктов сгорания образуются слишком быстро, чтобы уйти от сгорания сразу. Это повышает давление внутри камеры сгорания круто, что повышает эффективность сгорания.

Pulsejet является только камеры сгорания реактивного двигателя, который показывает чистую прибыль давления между потреблением и выхлопных газов. Все другие должны иметь свое высокое давление, создаваемое на входе конца камеры. С этой станции, давление падает. Такое уменьшение градиента давления служит для предотвращения горячего газа порожденный в камеры сгорания из выталкивается наружу через забор. Таким образом, газ движется только в сторону выхлопного патрубка, в котором давление преобразуется в скорость.

Большое давление на входе обычно предоставляется какой-то компрессор, который является сложным и дорогие немного машин и потребляет большое количество электроэнергии. Большая часть энергии, вырабатываемой в турбореактивный двигатель идет на диске компрессора и только остаток обеспечивает тягу.

Pulsejet отличается. Здесь, выхлопных давление выше, чем давление на входе. Существует Давление получить через камеру сгорания, а не потеря. Кроме того, pulsejet это не тратя электроэнергии, вырабатываемой при сжигании. Это очень важно. По некоторым грубым цифры, 5 - процентный прирост в сгорания давление достигнуто этот метод дает примерно такой же улучшение общую эффективность, как 85-процентный прирост производства компрессоров, при прочих равных условиях. Теперь, , что довольно впечатляющим.

Лично я заинтересован в pulsejet по другой причине - потому что это приносит реактивный двигатель назад к народу. Это обратно к основам вид машины, так просто быть доступным даже для энтузиастов с rudimentaryми навыками и простыми инструментами. Двигатели турбореактивные и fanjets

16.02.2011

Бесклапанной Pulsejets 1,5 Бруно Ог...

с рудиментарными навыками и простых инструментов. Двигатели турбореактивные и турбеты находятся на противоположном конце сложности масштабе. В большинстве случаев они используют недоступны, передовые технологии.



Достаточно взглянуть на коллекцию pulsejets на картинке справа. Они были построены Стивен Виковски, гимназист, просто из удовольствия. Если я помню правильно, три бесклапанной двигателей (Второй, третий и пятый слева) каждый взял его о пару дней сделать. Это только часть Стив коллекция!

Стоимость и другое преимущество. Pulsejets дешевле, чем даже простейшие поршневых двигателей сопоставимых выход. В отличие от ТРД являются пугающе дорогим.

## НЕДОСТАТКИ

Так что, учитывая преимущества, почему pulsejet исчезнуть из поля зрения? Есть несколько причин.

Большой проблемой является то, что выигрыш в эффективности предлагаемых пульсирующего горения вовсе не легко для использования для приведения в движение. Парадоксально, но главная проблема здесь такая же, как источник выгоды - а именно, пульсация. Очень средства повышения эффективности сгорания делает его трудно принять Преимущество результат.

Реальный потенциал для pulsejet всегда была в его использовании в качестве камеры сгорания для газотурбинных двигателей, а не как двигатель сам по себе. Его способность генерировать давление получить значительно умноженное на высоком давления окружающей среды. По сравнению с более привычной камеры сгорания постоянного давления, она может либо дать же мощности с гораздо меньшими механические потери и снижает расход топлива или гораздо

же мощности с гораздо меньшими механическими потерями и снижает расход топлива, или гораздо больше власти за то же количество топлива.

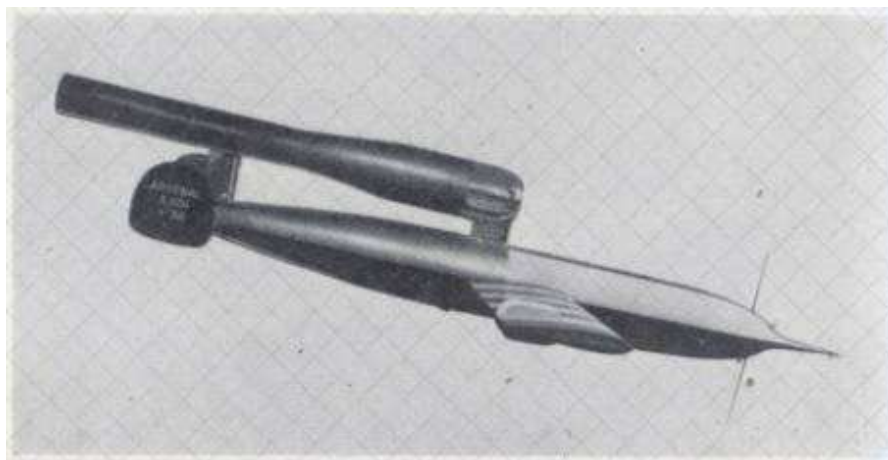
Увы, турбина требует стационарных течений функционировать эффективно. Неустойчивость порождает потери. Кроме того, пульсаций опасны для хрупкой осевой лопасти турбины. Радиальные турбины жесткой в том, что уважения, но они менее эффективны, особенно так с прерывистым потоком. Они в основном используются для использования тепла, как и в турбокомпрессор, а не в качестве тягачей. Исследователи игравшего с преобразования пульсаций в устойчивый поток, но большинство методы оказались неэффективными.

Но, как насчет простоты? В манере говорить, pulsejet является то, что остается, когда вы удалите все сложной и дорогостоящей части от турбореактивных и оставить только простые и дешевые камеры сгорания, что скрыта в середине.

Ну, да, простота привлекательна, но она также имеет свои недостатки. Обещание pulsejet на его самостоятельно, вне турбореактивные, менее значителен. Давление получить все еще там, но в атмосферном давления окружающей среды, без умножения, предлагаемых компрессоров, это не составит очень много. Среднее давление в рабочем цикле низкий, конкретных впечатляют энергии и топлива Эффективность бедных. "Плотность" власти значительно ниже, тоже. По той же объем двигателя, вы получите меньше тяги по сравнению с конкурирующими реактивных двигателей.

Стремление pulsejet дальше масштаба желательности в послевоенной эпохи был тот факт, что даже при улучшений, достигнутых в 1950-х и 60-х годов; пульсации по-прежнему производится ужасный шум и ума вибрации. Pulsejets в зависимости от тростника клапаны были недолговечны и ненадежны. ОК, они были дешево, но в эпоху холодной войны, что было, конечно, не простое рассмотрение.

Наконец, было мало, что pulsejets были действительно хороши для. Какое-то время казалось, что они будут мощности малых вертолетов. Некоторые впечатляющий вид прототипа были построены, особенно во Франции. В конце концов, Однако, они никогда не делали класса, в основном по аэродинамическим причинам.



Французский кратко использовать pulsejet власти на моторных планерах и летающие дроны, тоже. Дешевые полеты беспилотных самолетов и ракет были построены в нескольких странах, включая США, Россию и Китай. На картинке выше показывает, французский Арсенал 501 самолет-мишень, питание от клапанный двигатель. Цветное изображение на первой странице этого документа показывает, китайский беспилотный мишени с бесклапанной

двигателя.

Это было об этом. Учитывая достаточно оборонных бюджетов, большинство из реальных приложений, которые требуется реактивный двигатель были лучше удовлетворены турбореактивных или с ракетными власти.

Гражданской промышленности не смотреть на pulsejet с любыми больше доброты. Turbojet развития интенсивные и инженеров было мало времени для экзотических пульсирующий вещи, которые мало кто понимает правильно в любом случае. Трудность определения процессов внутри pulsejet математически было серьезной проблемой для большинства исследователей и инженеров. Моделирование полухаотических пульсирующего горения было слишком много для вычислительных способностей времени. Это означало, что pulsejet дизайн непредсказуемым - часть науки и часть черного искусства. Промышленность старается избегать таких сложных предложений.

К середине 1960-х годов лишь несколько отдельных энтузиастов до сих пор считается pulsejet в качестве потенциального самолетов силовой установки. Шумных трубки в тупик и низведена до роли модели авиационных двигателей и таких приложений, как буднично эффективного сгорания для систем центрального отопления, блок питания для сельскохозяйственных пыли и брызг воздуходувки и шейкер для промышленных шламов сушильные машины.

### Изменение обстоятельств

Так почему бы посмотреть на pulsejets сейчас? Ну, причина изменения обстоятельств.

Когда-то в начале 1980-х, сверхлегких весело летать начали получать все более популярным в связи с наличие хороших, простых и доступных летающие платформы - дельтапланы и парапланы. Когда обеспечивается мощность двигателя, эти машины предлагают беспрецедентную свободу полета к любому заинтересованы. Кроме того, с фантастическим развития современной электроники, новый класс беспилотные летательные аппараты появились, разработан как утилита платформ для различных телекоммуникационных, наблюдения, измерения и сенсорных устройств.

Все эти новые летательные аппараты, будь предназначен для удовольствия или полезности, рассчитаны на питание от поршневых двигателей, что Драйв винтов. Реактивные двигатели появляются только в самом верхнем конце цена масштабе - на машинах стоимостью несколько сотен тысяч долларов за штуку.

Все поршневых двигателей в настоящее время используется в сверхлегких летающих относительно тяжелой и громоздкой, даже в своей простейшей форме. Они также требуют много вспомогательного оборудования, как редукторы, свойства валов, винтов и т.д. и т.п. После всего, что передач устанавливается на легкий летательный аппарат почти поражений оригинальный цели. Простой легкий pulsejet кажется гораздо более уместным.







Двигатели турбореактивные, с другой стороны, страшно дорогие - далеко вне досягаемости энтузиастов. Вещи не вероятно, получат гораздо лучше в ближайшем будущем, либо. Из-за очень высоких технологических

Требования, стоимость турбореактивных двигателей всегда оставался высоким. Только небольшой турбореактивных двигателей основана на старых частей турбокомпрессора являются относительно недорогими, потому что их самый ценный части снимаются слом двигателей грузовых автомобилей, но и их цены не из приятных.

В отличие от скромного pulsejet низкой технологии смеясь, дешевые по любым стандартам.

Кроме того, в двигателе размеры могут быть использованы энтузиастами, лучшие pulsejets могут конкурировать в производительность с другими реактивными двигателями, особенно в мощности к весу ставки.

Я часто говорил, что реактивный двигатель никогда не будет хорошо для рекреационных целей. Реактивного движения на самом деле эффективным только при относительно высоких воздушных скоростях, казалось бы, что делает его непригодным для низкоскоростных устройств, таких как дельтапланов. Однако, может быть, ниша для простых реактивный двигатель можно найти на верхнем конце повесить-планер производительности - возможно, с жесткими крыльями.

Кроме того, правила, кажется, не очень строгим. Например, использовать британские Дудлбаг питание от Двигатель микроструи турбореактивных была протестирована с восхитительным результаты с регулярной футов начал вешать планер (см. рисунок).

Это служит хорошим предзнаменованием для pulsejets. При оснащении тяги augmenter, хороший pulsejet может быть оптимизирован для скорости гораздо ниже, чем у других реактивных двигателей. Это не может не выполнять по крайней мере а также микроструи в аналогичной заявке. Что касается тяги к весу это уже лучше.

Tote до тех точек, и легкие, простые, дешевые низкоскоростные pulsejet двигатель вдруг начинает решений много смысла. Его правда высокого расхода топлива, шума и вибрации не должно быть крупных значение для приложения Я имею в виду - или, возможно, быть облегчено или разработаны из концепции.

Огромные достижения в области вычислительной мощности за последние несколько десятилетий сделали моделирование пульсирующего горения более реалистичным, тоже. До сих пор не легко даже для суперкомпьютеров, но он может теперь сделать. Это может сократить время разработки резко и сделать его намного более простым.

Наконец, наше понимание пульсирующего горения продвинулась до точки, где эти двигатели могут быть разработаны на бумаге с исполнением предсказуемости гораздо ближе к другой

двигатель  
типов.

Возможно, это время для удара пыль старые трубки.

### **ПОЧЕМУ бесклапанной?**

Обычные pulsejet уже очень простой двигатель. Это просто кусок трубки обрезан до необходимой размеров, с несколькими небольшими закрылками и реактивного топлива на одном конце. Таким образом, можно было бы спросить, зачем идти, что один маленький шаг вперед и ликвидации клапанов?

Главная причина в том, что использование клапанов пределы надежность и долговечность двигателя.

Клапаны Как 109-014 длилась около 30 минут непрерывной работы. Учитывая, что его роль заключается в

уничтожить себя, в конце концов так или иначе, это была не большая вина, но сегодня вы могли бы летать модель,

Вашу гордость и радость в воздухе, или вы можете даже хотеть покупать самостоятельно. Вы очень нужна ваша двигателя

Последнее немного дольше.

Правда, развития улучшил дизайн во многом, и протянул его трудовой жизни от минут в час, но основная проблема остается. В самом деле, это выглядит почти совсем неразрешимой, учитывая

, что клапаны должны удовлетворить противоречивые требования.

В интересах эффективности сгорания, они не должны навязывать свои собственные сроки на потоки. Это

очень важно, так как процесс горения не только с перерывами, но и несколько хаотичным и высоко

зависит от обратной связи. Если мы хотим, чтобы избежать нарушения естественного хода пульсаций как много

насколько это возможно, клапаны должны реагировать на изменения давления почти мгновенно.

Чтобы сделать это, они

должны быть как можно легче.

В то же время, однако, они должны выдержать большие механические нагрузки (изгиб открытым и, хлопнув

закрыты на высокой скорости) и сделать это в высокой температуры окружающей среды. Они должны быть очень жесткими. Если

что-то должно быть легким, но подвергается большим злоупотреблением, он либо заклинивания короткую жизнь или экзотических технологий.

Бывший непрактично и последняя дорогая.

Наконец, есть вопрос о элегантности. Я считаю, идея реактивного двигателя, что на самом деле просто дешево

пустая металлическая труба без движущихся частей весьма привлекательной. Создание различных газов прыгать через обручи

и производить полезных функций, не прибегая к какой-либо механической сложности отличная вещь, которая будет

оценили всех любителей простоты и элегантности. (Я говорю о элегантность в математической смысле - желаемый результат достигнут с минимальными осложнений).

**KADENACY колебаний, ТЕПЛОВОЙ дыхание и акустический резонанс**

Прежде чем попасть в Подробная информация о фактической конструкции двигателя, давайте некоторые важные теории с пути.

Людам, которые ненавидят теории могут пропустить эту часть, но мой совет, чтобы пропустить его только тогда, когда вы уже достаточно знакомы с законами акустики и механики жидкости и знать, как они относятся к pulsejets. О С другой стороны, люди, которым нравится теории должны быть предупреждены, что следующее значительно упрощается описание очень сложных механизмов.

**Влияние Kadenacy**

В объяснение рабочего цикла, я описал, как инерции продолжает вождения расширяющегося газа из

Двигатель весь путь до давления в камере падает ниже атмосферного. Противоположное происходит в следующей части цикла, когда наружный воздух толкает свой путь, чтобы заполнить вакуум.

комбинированные импульс газов бросаясь через две противоположные порты причин камеры кратко находиться под давлением выше атмосферного до замка зажигания.

Существует, таким образом, колебания давления в двигателе вызванных инерции. Газов, участвующих в процесса (воздуха и газообразных продуктов сгорания) растягиваются и сжатыми между внутри и внешнего давления. По сути, эти жидкости ведут себя как упругая среда, как кусок резины. Это называется эффектом Kadenacy.

Упругий характер газ используется для хранения некоторых энергии, созданные в одном цикле сгорания и использовать его в следующем. Энергия, запасенная в перепада давления (разрежение) делает стремление (Замена сгоревшего газа со свежей топливно-воздушной смеси) возможным. Без него бы не pulsejets работу.

Некоторые наблюдатели заметили еще один, дополнительный аспект процесса, похожее на дыхание. Швейцарский пульсирующего горения мастер Франсуа Н. Reynst назвал его "тепловой дыхание" - отопление газом причин это расширение (и двигателя на "выдох"), а охлаждение газа за счет конвекции тепла кулер стены камеры приводит к сжатию, и "вдыхает" двигателя.

**Акустика**

Другие люди изучения процесса выступили с акустической объяснение того же процесса. Они обнаружены акустического резонанса за давлением качели.

А именно, взрыв в камере порождает волны давления, что бросается в трубке двигателя и воздух в ней, что делает их "кольцо", как колокол ударил по молотка. Волны давления перемещается вверх и вниз трубки. Когда фронт волны достигает конца трубки, часть отражается обратно. Размышления от против концы с концами и образуют так называемые "стоячей волны".

Каждый, кто услышал рев pulsejet знает, что это звуковой генератор. Тот факт не нуждается усиления - шум ... ну, не просто оглушительным, это супер-звук, который качает все вокруг Вы серьезно. Что создания стоячей волны означает, что это "Звук", как и его меньшей братии, будет подчиняться законам резонанса.

Графически стоячей волны лучше представлены двойной кривой синус. То же самое верно и для pulsejet цикла. Волнами из одной кривой синус изобразить изменения давления газа и газового Скорость внутри pulsejet двигатель очень хорошо. Удвоение кривая - добавление зеркальное отображение, так сказать - показывает, что места, где давление и скорость являются самыми высокими в одной части цикл будет места, где они являются самыми низкими в противоположной части.

Изменения давления и изменения скорости газа не совпадают. Они следуют той же кривой но смещены друг от друга. Один тропы (или ведет) другой четверти цикла. Если целом цикл изображен в виде круга - 360 градусов - скорость кривой будет смещен от давления кривой 90 градусов.

Резонанса устанавливает структуру давления газа и скорости в двигателе канала, что является своеобразной к pulsejet и не нашел в других реактивных двигателях. В некотором смысле она напоминает 2-ход поршня Двигатель резонансной выхлопной системы больше, чем в обычных делает реактивный двигатель. Понимание этого картина очень важно, поскольку оно помогает определить путь событий в двигатель разворачиваться.

При рассмотрении pulsejet дизайн, это всегда хорошо помнить, что эти машины управляются от сложного взаимодействия жидкости термодинамики и акустики.

### **Элементы Резонансные**

В акустических условий, камеры сгорания места наибольшего сопротивления, а это означает, что движение газа является наиболее ограничен. Однако, давление колебания являются наибольшими. Камеры Таким образом, узел скорости, но пучности давления.

Внешние концы впускных и выпускных портов места низкий импеданс. Они местах, где движение газа на максимальной и Т Он скорости изменения наибольший - другими словами, они являются скорость пучности. Давление качели минимальны, так что порт концы давления узлов.

Давление вне двигателя постоянного (атмосферного). Давление в камере сгорания качели регулярно выше и ниже атмосферного. Изменения давления сделать газов ускорить через порты в ту или иную сторону, в зависимости от давления в камере выше или ниже атмосферного.

Расстояние между узлом и пучности это четверть длины волны. Это наименьший раздел стоячей волны, что резонирует судно может вместить. В бесклапанной pulsejet, это расстояние между камерой сгорания (пучности давления) и в конце выхлопной трубы (Давление узел). Эта длина будет определять основной волны стоячей волны, что будет регулируют работу двигателя.

Расстояние между камерой и конца приема довольно короткий. В нем разместятся четверть волны более короткой длиной волны. Этот вторичный волны должно быть нечетным гармоники фундаментальным.

Учитывая, что бесклапанной pulsejet является трубки открытый с обоих концов, вы можете удивиться, по указанному выше заявления.

А именно, открытая трубка не в четверть длины волны резонатора. Как правило, она имеет пучности давления в центра и узла на каждом конце - который включает половину длины волны. Тем не менее, это гораздо ближе

порядке сжатия

к реальности, чтобы посмотреть на бесклапанной двигателя, так как два различных осцилляторов в четверть длины волны установлен спиной к спине не в виде одного осциллятора полуволны. Основной характер полуволнового резонанса Весь канал все еще там, конечно, но его последствия полностью заглушил все остальное, что является происходит внутри.

Таким образом, длина выхлопной трубы должен быть нечетным нескольких длин потребления труб для двигателя для правильной работы. Однако, обратите внимание, что речь идет о акустических длины. Требуется физическая длина несколько различны. Она меняется в зависимости от температуры (что изменения местной скорости звука). Таким образом, он не будет быть одинаковыми во всех частях двигателя. Это не будет то же самое с двигателем холодного (например, при запуске) и, когда жарко, либо. Это источник много разочарований для экспериментаторов и причины новые pulsejet неизменно требует настройки и пустячный для достижения надлежащего рабочего резонанса.

### Волн и течений

Оба "Kadenacy" и "акустических" подходы к определению pulsejet цикла являются правильными. В окольный путь, как можно считать просто разные проявления одного и того же. Тем не менее, они не одно и то же. Это не должны быть забыты.

Классические акустические явления имеют место при малых изменений давления, низких скоростей газа и мало газом. Звуковые волны колебаний - грубо говоря, упругая, обратимые нарушения в среды. В pulsejets, мы видим большие перепады давления, высоких скоростей газа и большой газ перемещения. Сил, участвующих сильнее упругих сил по поддержанию молекул среды вместе, а это означает, что среда (газ) не только в колебательное движение, но необратимо перемещенных лиц. Это сделано для потока.

Трудно увидеть разницу между волны и течения, но это может быть сделано. Волна не Материал явление, но энергия явление. Это перемещение нарушения в силовом поле. То есть поэтому он будет легко превратить любой угол, в том числе удвоение назад на 180 градусов. Жидкости, которая имеет массу и инерции, не будет. Так, два могут быть сделаны для разделения, которое показывает, что они на самом деле два, а не один.

Вы можете увидеть волн давления отделен от потока в бесклапанной конструкции pulsejet, что функция портов с необратимыми потоков (например, потребление, что также не служить в качестве вспомогательного выхлопных газов). В таких портах, волн давления будет двигаться вместе с потоком в одном направлении и без потока в обратном направлении.

Подводя итог, pulsejets следовать своим собственным, отличительные, Kadenacy-как цикл сжатия и разрежения на питание от самовозбуждением взрывного процесса сгорания и помогли вдоль по тепло конвекции картины. Генезиса цикла не имеет ничего общего с акустикой и все, что с термодинамики. Существует нет сомнений в том, что сценарий событий напоминает акустические явления очень тесно. Как следствие, законы акустики могут и должны применяться. Они наложить на себя термодинамических события и изменения притока и оттока газа, часто значительно так.

Из-за этого. следвет следить за акустического резонанса. зная. что регулярное давление

импульсы неизбежно создать стоячих волн, которые будут влиять на сроки и распределение газа давление, скорость и интенсивность горения, скорость и интенсивность потоков газа и т.д. негативное влияние резонанса следует избегать и - если возможно - положительное влияние запряг , чтобы помочь двигатель вместе.

Это очень сложная задача, и некоторые проекты, сделать это лучше, чем другие. Некоторые из них были блестяще задачи, используя очень сложное объединение волны отражения, развороты, слияния и столкновения для повышения эффективности горения и стремление заметно. Другие взяли только грубейшее к сведению возможности. Я не могу иметь дело с вопросом очень подробно из-за недостаточного знания, и приведу его по ходу только в поверхностно.

То, что я действительно заинтересован в являются практические результаты pulsejet дизайна.

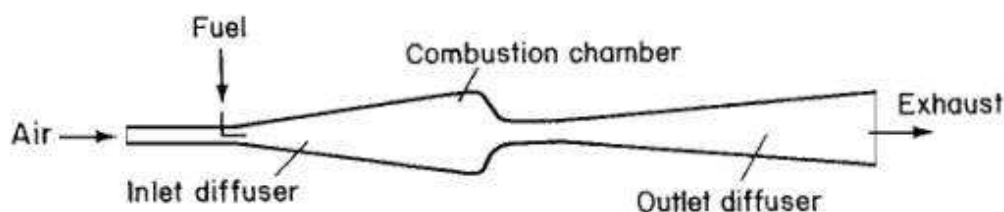
## ДВИГАТЕЛЬ КОНСТРУКЦИЙ

### Marconnet

Возможно, этот мир был потрясен в осведомленности о pulsejet немецкой летающая бомба в 1940-х годов, но история, что любопытно двигателя идет гораздо дальше назад, в самом начале 20-го века и усилия французских инженеров для разработки газовых турбин.

Паровая турбина была тонкая машина, но необходимы огромные горелки, котельное и конденсатора аппарата ручка цикл водяного пара. Он посмотрел на современной французской, как будто горячий газ порожденная сгорания топлива может мощности турбинного колеса так же, как пара сделала, но с гораздо меньшим осложнение, навалочных и стоимости. Пульсирующий сгорания произошло с ними, потому что при условии автоматического стремление. Импульсов не только поехал горячего газа вперед к власти турбины, но и всасывается в свежих заряда в конденсации части цикла. Нет спецтехника была необходима, только пару подпружиненные клапаны тарельчатые.

В 1909 году Жорж Марконнет пошел дальше и разработал первую пульсирующего сгорания без клапанов. Это был дедушка всех бесклапанной pulsejets.



Marconnet полагал, что взрыв внутри камеры предпочел бы пройти больше выходного отверстия, а не сжатие через относительно узкие потребления. Кроме того, длинные диффузором между потребление и камеры сгорания надлежащего будет руководить заряда сильно к выхлопных газов, путь трубе направляет звук. Он терпел, что горячий газ сделал уйти от потребления.

В своих описаниях двигателя Marconnet, FH Reynst и JG Фoa (каждый в свое время отметил, эксперт по пульсирующего горения) решила, что она не могла бы работал очень хорошо,

действительно требующих принудительного воздуха на входе (от вентилятора или аналогичное устройство), если отдачи было бы избежать. Фoa так и называется Marconnet "плохих прямоточного" из-за необходимости для некоторого динамического давления на входе. В принципе, он похож ПВРД в несколько десятилетий спустя довольно близко.

На мой взгляд, камеры сгорания "двигатель" Marconnet отсутствуют заметные средства создания турбулентности в набегающем потоке, а это означает, что смешивание топлива с воздухом, возможно, было проблематично и горения была относительно низкой интенсивности. Позже практиков искусства внес много более выраженное отключений между потреблением и камеры сгорания.

Хотя, возможно, не очень практично либо в качестве реактивного двигателя или турбины сгорания, основные Идея дизайна Marconnet было хорошо. Это просто необходимо развитие.

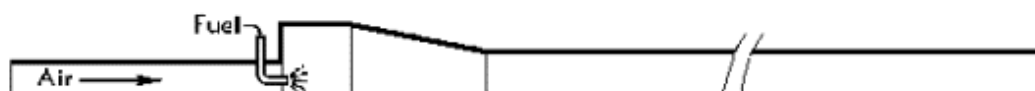
Тем не менее, не суждено было получить. Даже во Франции, бесклапанной сгорания вскоре стало просто сноски в истории. За пределами Франции, несколько человек были даже известны идеи. Вместо того, чтобы развивающиеся бесклапанной пульсирующего сгорания, большинство экспериментаторов эпохи Marconnet была сосредоточена на различных макеты включения тарельчатые клапаны.

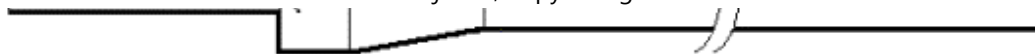
[Историческая справка: Один из самых ранних клапан оборудованных пульсирующего сгорания которые должны быть разработаны на самом деле с коммерческими истории. Первая газовая турбина, когда-либо на рынке коммерческой был разработан Ханс Holzwarth в 1905 году и разработана для практического применения швейцарской Brown Boveri Корпорации. Он пользовался некоторым коммерческим успехом между 1908 и 1938 годах, громоздкий барабан в форме устройств сообщается операционной безупречно (если не особенно экономически) на века. Есть признаки того, что КС Holzwarth, которая включает впускных и выпускных клапанов, в настоящее время повторно оценка для современного использования в странах с низким газотурбинных двигателей стоимости.]

## Шуберт

Принцип бесклапанной пульсирующего сгорания был заново открыт - по всем счетам самостоятельно от Marconnet - лейтенант Уильям Шуберта ВМС США в начале 1940-х годов. (Он был запатентован в 1944 год.) Его конструкция, называемая "resojet" в то время, из-за своей зависимости от резонанса, является одним простейших успешного бесклапанной конструкций всех.

Наиболее вероятной причиной скудные интерес бесклапанной сгорания в начале 20 века был отсутствие хорошим средством для предотвращения расточительной и неприятные отдачи через забор. На первый взгляд, двигатель Шуберт не выглядит лучше в этом отношении, чем Marconnet, только больше угловых. Однако, внешний вид обманчив.





Во-первых, резким обрывом Шуберта у входа в порт приема в камеру при условии сильной турбулентности для лучшего перемешивания топлива и воздуха, а также более энергичные сгорания. Во-вторых, и более интересно, Шуберта тщательно рассчитаны геометрия потребления трубку так, что выхлопные газы могут не выход по времени давление внутри упал ниже атмосферного.

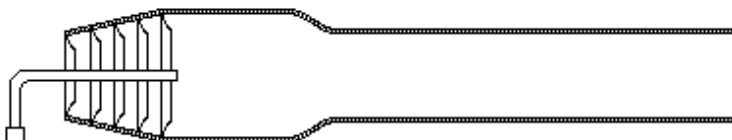
Сопротивление трубки для прохождения газа зависит круто от температуры газа. Таким образом, же трубки будут предлагать гораздо большее сопротивление к исходящим горячего газа, чем входящего холодного воздуха. сопротивление обратно пропорционально квадратному корню из температуры газа. Такая степень необратимости, кажется, предлагает возможности для прохладный воздух, необходимый для горения, чтобы получить в течение потребления часть цикла, но и для горячего газа сталкиваться с сопротивлением слишком много, чтобы выйти в течение расширение части.

На практике, он работал хуже. По ряду причин игнорируется простой общей теории, Шуберт двигатель по-прежнему отображаются немного отдачи во время стоянки. Это необходимо, чтобы двигаться вперед в какой-то Скорость (или, чтобы воздух, в от вентилятора), чтобы предотвратить его. Потребление путей достаточно долго, чтобы предотвратить отдачи полностью задохнется воздуха слишком много за хорошую работу. Тем не менее, Шуберт был заметным шагом вперед от Marconnet.

### Trick Потребления, перегородки, Зазубренные Трубы, баллонного Проходы ...

После Шуберта, большое количество разработчиков пытались придумать и другие способы решения сгорания трубки необратимым, чтобы газы, проходящие через pulsejet только в одном направлении. Это не легко обойтись без механического обратного клапана, но, тем не менее изобретатели придумали различные трюки должен делать работу. Некоторые, как Шуберт, представил способы сделать сопротивления для прохождения газа несимметричные. Другие придумали способы, чтобы отвлечь газов в различных направлениях.

Пол Шмидт и Жан Анри Бертен (среди прочих) испытан ряд проектов, показывающих вогнутой кольцо перегородками, потребление тракта, который предложил большую устойчивость к обратным потоком, но пусть свежий воздух в легко. простой вариант приема перегородка Бертен изображена ниже. Свежий воздух поступает из левого встречи серии перегородками, но потоки легко мимо них. Перегородки имеют более широкое отверстий, образуя диффузор.



В противоположном направлении, однако, ситуация изменилась. Горячие выхлопные газы будут пытаться расширить как это



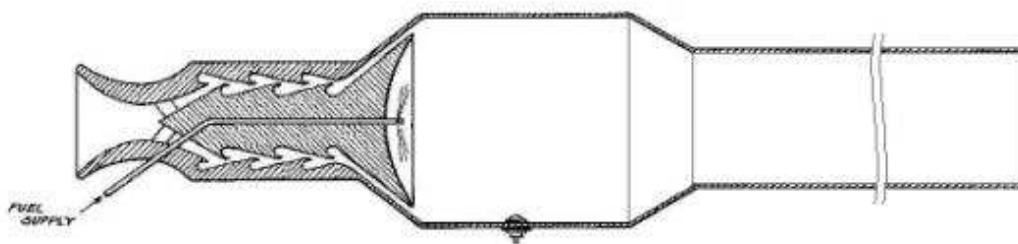
Путешествия вперед (в направлении слева на рисунке) и увеличения суммы будут захваченных в карманы между перегородками. Только сравнительно небольшое количество никогда не будет вероятно, чтобы избежать. По крайней мере, это было что дизайнеры надеется произойдет.

Однако, все конфигурации они пытались производятся нижней тяги и потребляли больше топлива, чем эквивалентны двигателей с механическим клапанов. Большинство также отображается по крайней мере некоторые отдачи, независимо от того, как трудно дизайнер попытался предотвратить это.

Увы, это печальная история почти каждого бесклапанной pulsejet, что работает какая-то асимметрия сопротивления. Такие устройства никогда не работают, а также их дизайнеры надеяться. В основном они шаг только в высокой скорости газа, что означает, что двигатель будет страдать от крайней мере, некоторые отдачи в начале каждого цикла.

Многочисленные версии труб с аналогичным зубчатые стены были испробованы, иногда с перегородки / скачки ожидает выхлопных газов более чем на одну сторону. Следующая картинка показывает типичные Дизайн этой семьи, из-под пера человека лучше известны pulsejets с клапанами.

Проблема с большинством зубчатые конструкции является то, что обратного потока не препятствовали, как и их изобретатели хотели бы потому выхлопных газов быстро заполняет "карманы" малых вогнутой в трубке сторон и формы подушки под давлением мертвый воздух или небольшой захваченных вихрей, которые предлагают небольшое сопротивление прохождение потока. При некоторых условиях, поток газа в одном направлении, на самом деле будет очень похожа на поток в противоположном направлении.



Мало кто будет удивлен, услышав, что удивительно плодовитым и невероятно изобретательный исследователь вещей электрические, Никола Тесла, также обратил свое внимание на проблеме пульсирующего горения. Он хотел иметь хорошие генераторного газа для его аккуратным гладких дисков ротора турбины, которые использовались вязкости рабочая жидкость для передачи энергии на вращающемся валу. Он сразу увидел, что механические клапаны не будет предлагать простота и надежность у него были. Так, он изучал способы исправить газа поток аэродинамически. В конце концов он пришел с возможно лучшей аэродинамической "вентиль" когда-либо. Его сечение показано ниже.



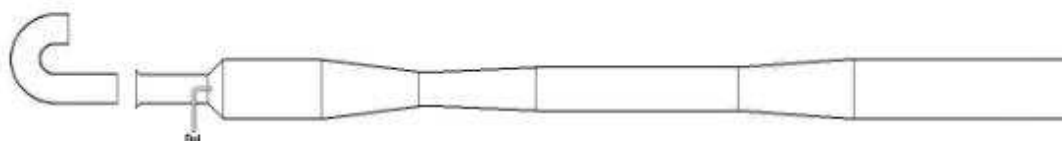
На первый взгляд, это выглядит как еще один зубчатый проход, но если вы внимательно посмотрите, вы можете видеть, что на самом деле не работают либо перегородками или мертвых воздушных карманов. Вместо этого, он просто меняет направление газа и превращает его на себя. На каждом свою очередь, сторона взрыва газа будет толкать основной поток в сторону проход, который в конечном итоге превращается в обратном направлении. Чем сильнее вы дуть в трубку, что, тем труднее будет сопротивляться.

Хотя, несомненно, гениальным, "клапанного канала", как Тесла назвал его, и не нашли практического применения насколько мне известно. Тесла сам, вероятно, не имеют времени или желания продолжить свою развития после подачи патентной, будучи занят своими экспериментами в электромагнетизме, и патент в основном забыты. Как изобретатель в последнее время стал центром культа, его современные ученики возродили идею. Лишь немногие из них были построены, но я не смогла найти данные на их производительность.

### Escopette

В 1950 году, недовольный озадачены потребление конструкции, Бертен и его товарищи инженеры французской SNECMA (Societe Nationale d'этюд и др. Строительство де-де Moteurs d'Aviation) корпорации просто Оказалось потребление путей назад. Таким образом, отдача способствовали тяги. Для его дизайнеров, машина выглядела как один из старомодных оружие ружье, и они назвали его Escopette (что Французский для мушкета).

Он очень похож на изображение мы использовали в введении. Однако, потребление не кривой назад прямо из камеры сгорания. Его первая часть указывает прямо вперед. Что получается Горячие выхлопные газы назад это отдельная изогнутая трубка установлена на некотором расстоянии от устья потребление правильным. Так, двигатель дышит через разрыв между потреблением и "рекуператором, как дизайнеры называют изогнутых трубчатых дефлектора.



Это аккуратный дизайн ловко использует резонанс в нескольких вариантах.

Функционирования разделить потребление подлежит некоторые разногласия, но проще говоря, можно сказать, что она позволяет двигателю вести себя, как будто его длина была переменной - давно в ходе расширения части цикла и краткое во всасывающей части. Во время расширения, он рассматривает рекуператор как часть эффективного Длина двигателя и использует его, чтобы включить выпускаемый газ вокруг и увеличения тяги. В потребление часть цикла, однако, эффективная передняя часть на разрыв между потреблением и рекуператор. Это снижает эффективную длину впуска и позволяет вдыхать Escopette более легко.

Далее, выхлопной трубы, вместо того, чтобы просто прямые трубы, на самом деле ряд шагов повышения разделе.

Каждый переход от прямой участок в распространении разделе (сжигание конуса) представляет точку

и слышу

который давления волн, бегущих вверх и вниз по трубе будет отражать в противоположном направлении и с против знак. Сжатия (высокое давление) волна, проходя шаг будет отражать обратно, как разрежение (низкое давление) волны, и наоборот.

Просто взглянув на изображение будет дать вам представление о том, как много различных сжатия и разрежения волны генерируются каждый взрыв заряда в камере, как он пытается выйти из двигателя. Помните также, что каждый шаг труба работает в различных температур от предыдущего или последующие шаги, это означает, что волны будут путешествовать на различных скоростях.

Отслеживание событий не для слабонервных и, конечно, слишком сложный для меня попытка описать здесь. Бертен и др.. использованы все эти волны очень тщательно, настройка их для производства максимально возможную помощь стремление. Что, кажется, происходит то, что двигатель "замирает", так сказать. Она вдыхает в два раза для каждого цикла расширения, со второй ингаляции долива в первую очередь.

Следующий трюк Бертен занятых на Escopette - впервые за всю pulsejet - было утилизация избыточного тепла в поток выхлопных газов для увеличения тяги. Эффект иногда называют

"Первичное увеличение тяги. Это требует некоторых пояснений.

Проблема начинается с количество воздуха для двигателя. В основном, реактивный двигатель представляет собой устройство, которая использует тепло для ускорения воздуха. Окружающего воздуха заставили пройти через двигатель канал и поглотить тепла внутри путем сжигания. Однако, воздух не проходит через канал pulsejet Как это делает через других реактивных двигателей.

В турбореактивных, немного горячего газа толкает вдоль большое количество холодного воздуха. В pulsejets, небольшое количество воздух засасывается в камеру сгорания и используется для сжигания и немного крупной суммы сосал обратно в выхлопные трубы между взрывами. Вот и все. Существует не через поток.

В то же время, выхлопных газов, выделяемых pulsejet гораздо жарче, чем в турбореактивных. Горение происходит при аналогичных температурах - в период между 2000 и 25000C - но выхлопных газов в турбореактивных сразу смешанных с большим количеством холодного воздуха, так что при понижении температуры от 800 до и 12000C перед входом турбины. Основная причина в том, чтобы сохранить турбины от повреждения. В pulsejet, который не имеет движущихся частей, выхлопных газов не нуждается в охлаждении. Он путешествует по отношению к конце двигателя при очень близко к своей начальной температуры - два-три раза горячее, чем в турбореактивных.

Из-за отсутствия сквозной поток воздуха, однако, существует очень мало массы двигателя для этого значительной тепловой энергии с ними работают. Это порождает проблемы. Малая масса выхлопных газов и свежий воздух приводится в движение с максимально возможной скоростью при обстоятельствах (местной скорости звук) и не далее. Sonic засорение протока препятствует скорость газа от дальнейшего роста, несмотря на то, что есть достаточное количество энергии для дальнейшего ускорения. сопла "Де Лаваль" будет вероятно, нажмите скорости за барьером Маха, но он не работает на всех хорошо с пульсирующим потоком, так pulsejet дизайнеров избежать их.

Так, так же, но больше, чем просто тепло, выделяющегося в процессе сгорания преобразуется в

так, только небольшая часть тепла, выделяющегося в процессе сгорания преобразуется в полезную кинетическую энергии. Большая часть доступной энергии некуда деваться. На скорости звука, газа не в состоянии поглощать больше тепла. Это порождает волны сжатия, которые путешествуют вверх и вниз двигателя, нарушения цикла.

Иными словами, отношение энергии-массы переноса низка и в результате тяги ниже, чем это могло быть.

Так, супер-горячего выхлопа pulsejet просто вопиет о добавке к массе двигателя для разогрева и ускорить.

Введите Бертен. Он сделал выхлопные трубы на Escopette постепенно больше к концу, так что , что окончательный раздел настоящая суматоха. Это увеличило объем вытяжного воздуховода значительно а также дал протока формы, что способствовало поступление свежего воздуха во время всасывания часть

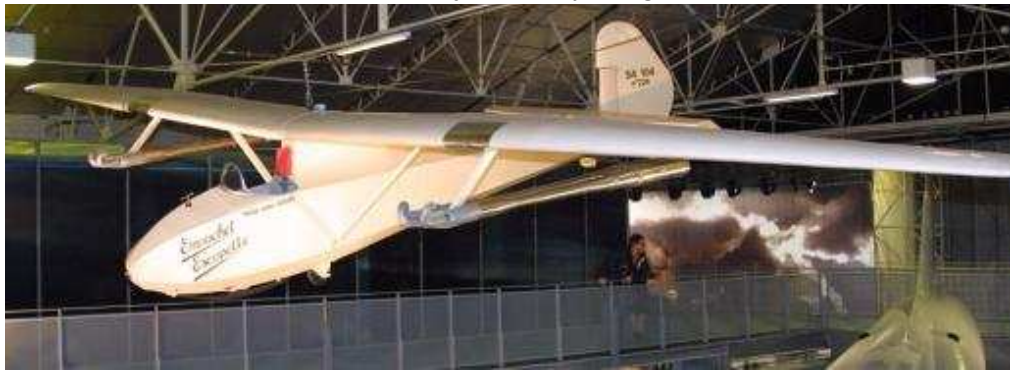
цикла. В результате выхлопа заполнены большим количеством свежего воздуха, что двигатель может использовать в качестве дополнительная масса двигателя.

Каждый взрыв из камеры сгорания толкает механически "вилка" на свежем воздухе, но двигатель также переводы много свое тепло воздуху, как от горячих стенок трубы и от нажатия горячих газов. Отопление увеличение статического давления, что увеличивает скорость, при которой свежий воздух выбрасывается назад. Много дополнительной тяги оказывает.

Версия предназначена для коммерческого применения, модели 3340, разработанный статической тягой около 22 кг, работающих на частоте от 90 до 100 Гц. Вес с вспомогательными было около 11 фунтов. В самой широкой части, Escopette было всего около 4 см в ширину, а длина несколько громоздким 9 футов плюс.

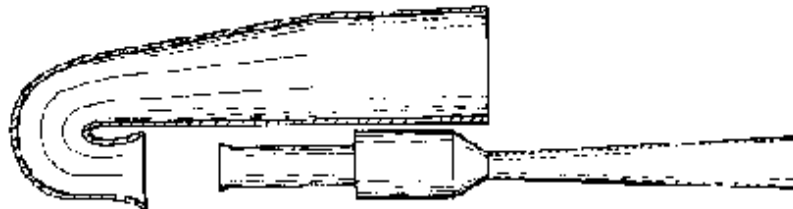
Escopette является одним из немногих pulsejets, произвели люди наверху. Он был тщательно протестирован на Французский Emouchet SA 104 планера в различных конфигурациях. Первые испытания были с одним двигателем под каждым крылом, но более поздние модели осуществляется двумя и тремя двигателями на подкрыльевых пилонах каждого. Хотя Результаты испытаний были положительными - дополнительное питание включено пилота взлета и достижения высоты парящий без буксировки самолета или лебедка, кажется, что она никогда не была предложена на коммерческой основе.





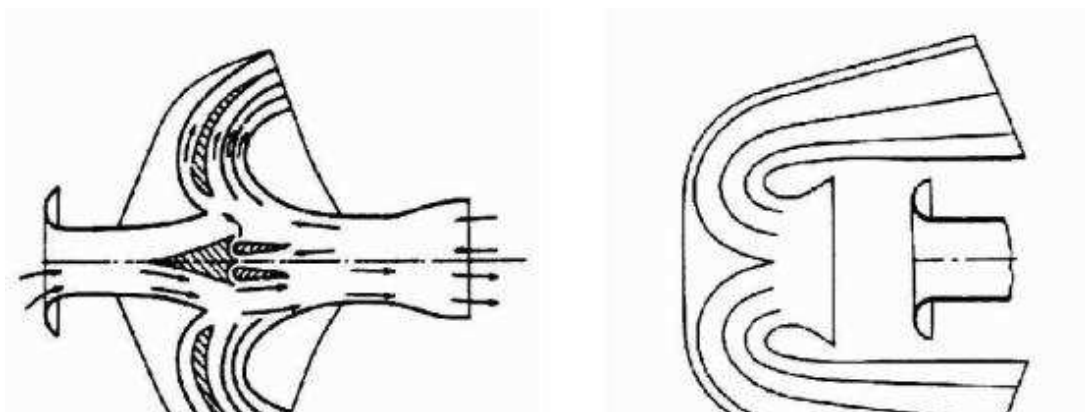
### Кентфилд в Рекуператор

Идея рекуператором или отражателя нашел несколько приверженцев, кто создал вариации на тему, некоторые простые и другие комплекса. JAC Кентфилд, один из самых последних научных исследователей в pulsejet поля, пытались наверстать потери энергии в превращении газа вокруг путем введения увеличения



Вместо простого изогнутая трубка назад, он использовал мягко изогнутые сжигания конуса, пусть свежий воздух быть всасывается через поток горячего газа в качестве дополнительной массы реакции. (Это часто называют вторичной тяги Увеличение, чтобы сделать его отличие от типа используемой в Escojet. Я буду говорить об этом более подробно в следующей главе.) Согласно Кентфилд, который запатентовал идею, получить более чем компенсируется перетаскать и турбулентности потери, понесенные свою очередь, 180-градусов.

Он экспериментировал с вариациями на тему много. Большинство рекуператоры были симметричны и использовать внутренние лопатки, чтобы контролировать поток и нижней турбулентности. Две такие конструкции показан на Следующие две фотографии.



Один на левой выглядит более амбициозные. Это попытки использовать барана давление поступающего воздуха.

Рам давления, казалось бы, дают приветствуем импульс мощности на безвозмездной основе. J-образную форму и

U-формы двигателей, а также большинство двигателей с рекуператоры фронт должен отказаться от этого преимущества, как их порты потребление либо превратились в неправильном направлении или маскируется рекуператор структуры.

У этого есть почти прямой путь для свежего воздуха от передней потребление в камеру сгорания (см.

нижняя половина рисунка). Трюк, который предотвращает выхлопных газов от побега через те же маршрут, возможно, были заимствованы из Тесла, но подобные методы используются также в ряде других пневматические устройства управления потоком.

Обратите внимание на две небольшие лопатки профиля сечения в центральный проход, прямо за забор клина. Когда

горячие выхлопные газы толкнул вперед в результате взрыва, часть дует в щели между лопатками является

разделяется на два потока, один снизу вверх и сверху вниз других. Каждый поток форм вида газа занавес, который пересекает путь основного потока (см. верхнюю часть рисунка). Занавес отклоняет поток выхлопных газов к изогнутой отрывки, которые свою очередь обтекания и в конце концов извлечь ее

в обратном направлении. В результате, почти все выхлопные газы, которые обычно выдувается потребление порт получает отклоняются и способствует тяги.

По Кентфилд, простой на право уступает более сложным в левой части

лабораторного тестирования. Я не удивлен. В связи с прерывистым режимом работы, pulsejet не очень хорошо

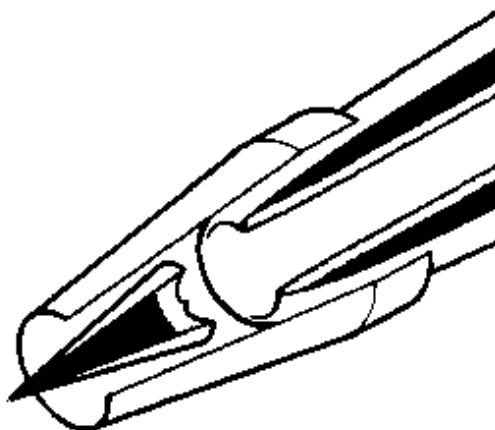
выстукивая динамического давления, большинство из которых идет в отходы. Предоставление прямой путь для свежего воздуха просто не

же важно, как в других реактивных двигателей. Pulsejet с удовольствием сосать воздух из сторон или даже от

сзади, потому что он должен ускорить его с места так или иначе. Ее направление имеет очень мало. Только

, что имеет значение это давление.

## Messerschmitt



Один из лучших практических рекуператоры я видел это, разработанная немецким Messerschmitt Компания в начале 1970-х. Намерение своих инженеров было построить двигатель, который будет

переходить

от пульсирующего горения на низких скоростях, при которых барана давление бедных, постоянно сгорания при высоких

скорости, при которой динамического давления достаточно, чтобы содержать сгорания. Задача требует дефлектор

что бы быть эффективным в перенаправлении обратного потока, выходящего из потребления, но не будет представлять

слишком много препятствий для вступления свежего воздуха.

Я буду игнорировать прямооточного части или двигателя Мессершмитт в это объяснение, так как это не является предметом

настоящем документе. Однако, рекуператор это совсем другая история, так как она является в высшей степени пригоден для использования на "обычных"

pulsejets. Это просто и элегантно - и легко сделать даже для энтузиастов средней квалификации.

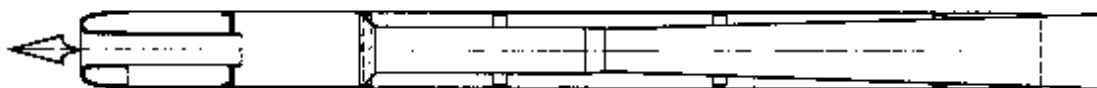
Как вы

видите, он состоит из простых острый конус которого задняя имеет форму, чтобы отвлечь взрыва из-за на

прямым углом к оси двигателя. При стационарном, это не много сделать для полета, но даже при относительно

нежный поступательной скорости отклоняются Бент потока газа в обратном направлении, вокруг двигателя, помогает

Коанда эффект.



При малых скоростях, Мессершмитт дизайнеров условия нос капот, чтобы помочь увлекают поток. Как

Скорость розы, капот стал меньше необходимого. В значительной доли скорость звука, входящий поток воздуха настолько силен, что даже дефлектор не является строго обязательным больше, так как горячий газ увлекается плотно между потоком воздуха и внешней поверхности двигателя.

### Трубы сборную

Газ дефлекторы не должны быть вспомогательные пришитые двигателя. Они могут быть неотъемлемой частью своей

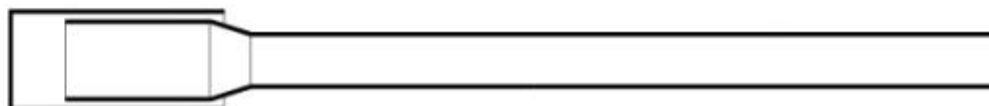
структуры. Например, если вы положите свободную колпачок на конце трубки, так что разрыв между левой

крышку и трубки, вы получите вид дефлектора, что превратит ваш выхлопных газов назад. В отличие от

отдельных рекуператор, однако, на этот раз также служит в качестве приема-кишечного тракта.

Пожалуй, это самый простой

бесклапанной дизайн pulsejet всех.



Возможно, самый известный среди pulsejet разработчиков для решения ограничены дизайн трубки были не

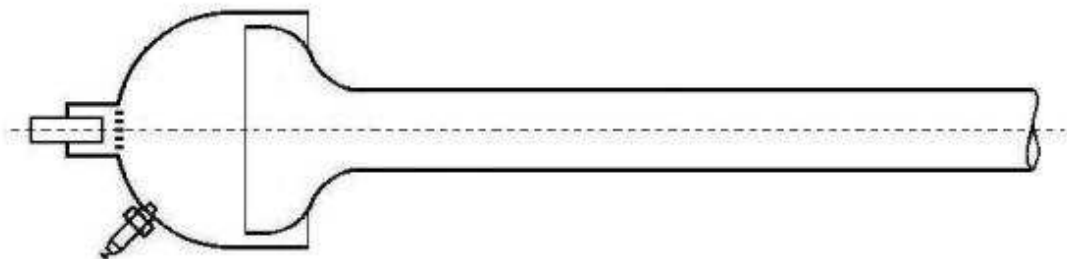
кроме компании двигателя Argus, известный по своим двигателем Риды-клапан, который работает V-1

летающая бомба. Они проверили ряд макетов, некоторые из которых по всей видимости, используется только для стационарных приложений.

Рисунке ниже показана центральная часть их бесклапанной двигателя. "Камеры сгорания" является

образуется между форма бутылки мы знаем из многих других конструкций pulsejet и шапка с

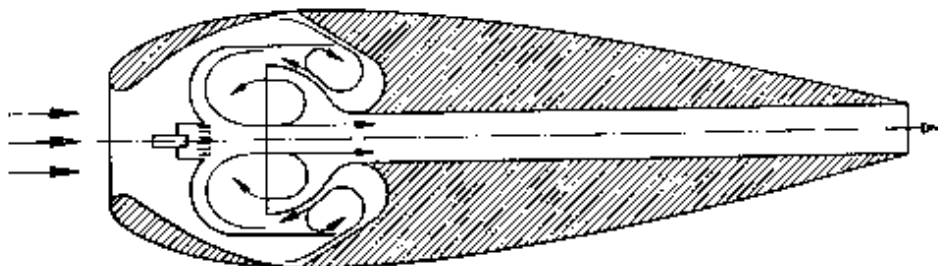
полусферической вершины. Топливо впрыскивается через сопло расположен на оконечности крышки и защищен от Палата по металлической сетке. Сеточных функций в качестве поглотителя тепла и предотвращает газа от сжигания в сопла себя.



В первые тесты, этот центральный двигатель основных был окутан пленума камере, в которую воздух был вынужден при давлении от компрессора. Только выхлопных торчал. Это означало, что давление принудительным воздушным предотвратит горячего газа от выхода на пленуме камеры и почти все они вошли в выхлопных газов. (Если бы это было предназначено для работы под давлением без кожуха, камеры и выхлопных газов проход, вероятно, должны быть длиннее, чем на картинке, чтобы обеспечить необходимое резонансные свойства.)

Argus инженеров по-видимому, в восторге от их бесклапанной машины и были готовы развивать его для воздушных судов, целей, но было приказано прекратить работу и сосредоточить внимание на клапан оборудованных двигателем вдохновленные идеями Пол Шмидт.

Можно только удивляться, как далеко они пошли бы, если не грубо прервана властями. Следующий рисунок показывает макет они разработаны, чтобы работать без принудительного воздушного. Внешней рационализации является Наиболее очевидное различие, но тонкие один кольцевую камеру, через которые свежий воздух должен пройти Перед его обращается в камеру сгорания. Изогнутые стрелки на Sketch Show газа путей внутри двигателя.



Очевидно, что поступающий воздух будет водоворот в тороидальных вихрей, которые позволят внешние слои вихря снятия и скольжения в камеру сгорания. Тем не менее, горячей выхода газа между камерой и мантии также водоворот в вихрь - одно, направление вращения будет противоположным тому, Направление выхода из кольцевой камеры. Кроме того, щель, через которую кольцевую камеру общается с внешним очень узкая. Это могло бы позволить достаточно свежий воздух, но будет душить, когда горячая газа пытается пройти.

Инженеры Аргус почти наверняка не знают о работе FH Reynst, чьи пульсирующие сгорания будет описано далее в этом обзоре. Машина Reynst также использует специальные свойства тороидального вихря. Впервые он был запатентован в 1933 году, в то время как Аргус разработала струи почти десятилетие

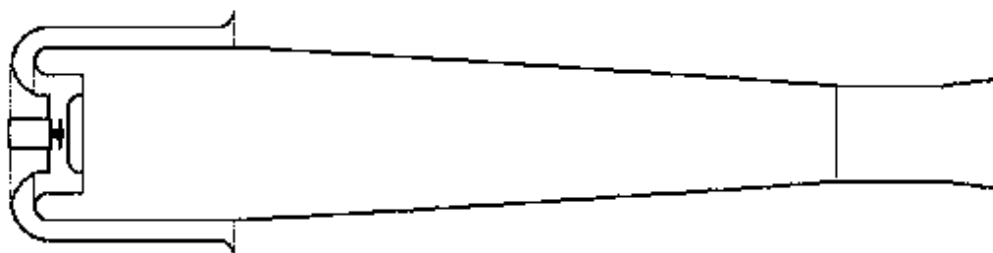


позже. десятилетие вряд ли достаточно для сравнительно малоизвестной голландской патентной процедуры немецкой

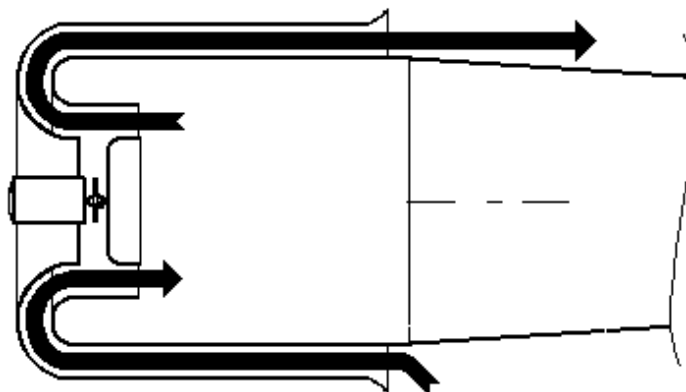
Инженеры вмешиваются в реактивное движение. Можно только гадать, какое влияние, если таковые имеются, идея Reynst была бы оказали на двигатель развития был контакт между двумя были сделаны.

Как это, тороидальные вихри должны помочь работы двигателя Argus хорошо, но они не являются центральными в его работы. Argus существенно не отличается от Бент входе в двигатель которого эскиз - первый в этой работе - мы привыкли объяснить процессы, происходящие бесклапанной pulsejet. Разница лишь в том что узкий кольцевой зазор между камерой сгорания и крышка используется для приема внутрь, а не Бент трубки.

### Saunders Roe



Следующий использовать одинаковую конфигурацию WAS CE Tharratt, британский исследователь, работающий на pulsejets для самолетов Saunders Roe компании в начале 1950-х. Я не знаю, был ли он знаком с макет Аргус или нет, но он использовал принцип похож. Вот упрощенная продольной сечение одного из своих бесклапанной двигателей.



"Предел" больше не является простой, но крышка мантии, что кривые внутрь и назад, после кривизны передней части камеры сгорания. Опять же, кольцевой зазор между мантией

и стенки камеры служит вспомогательным выхлопных газов. Во время расширения, большинство из горячего газа побег через выхлопные надлежащим, в задней части двигателя, а часть движется вперед, в этом вспомогательные выхлопных газов. Устройство в центре передней панели является топливная форсунка. Его струи топлива расположены радиально, потребители инъекционных топлива под прямым углом к притока свежего воздуха.

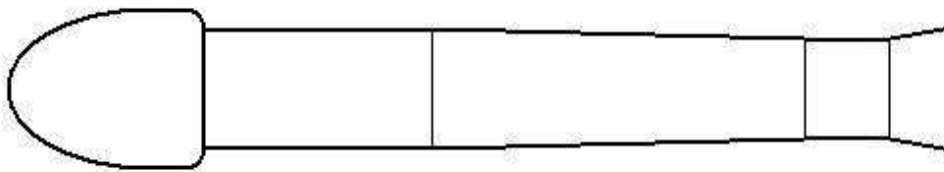
Tharratt видимо мало заботились об эффективности крышка как выхлоп, только действительно уделяет

внимание на его свойства, как потребление порт. Там было несколько версий, с весьма различными

внутренние механизмы, но все они предлагают плавный переход на свежий воздух к камере и соответствующие формы пути для горячего газа

равнодушно форме путь для горячего газа.

На первых двух диаграмм, двигатель выглядит как с конца блефом фронте, но это потому, что это показано без обте

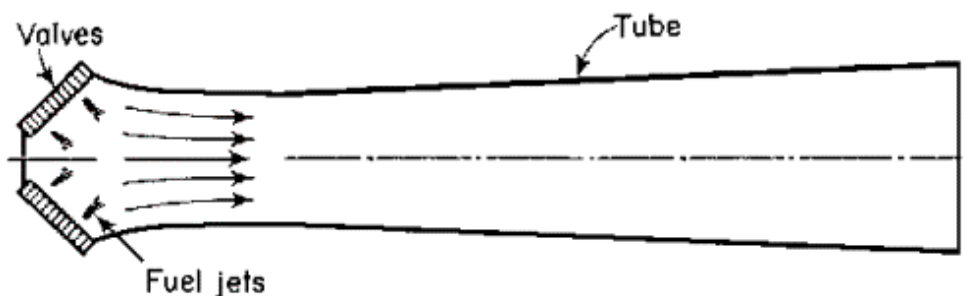


Как Хиллер и некоторые другие, Saunders Roe пытался развивать малый вертолет с pulsejets на ротора советы. Я не видел записей на успех проекта, но это не могло быть большим, Учитывая, что большинство вертолетов книги по истории забывают упомянуть, что даже мимоходом. Конечно, это не обязательно означает, что двигатель Tharratt не было хорошо. Проблема здесь лежит на вертолете концепции, а не двигатель. вертолеты Ротор-отзыв струи просто не очень здравая мысль, независимо от Тип двигателя, который установлен на роторе.

Подробно, что делает конструкции Tharratt Особенно интересным является переход от камеры-и-трубки конфигурации в большинстве pulsejets, клапаном или бесклапанной. Он не имеет традиционные "тюльпан" формы или "бутылку", но мягко сужается вниз, наподобие бейсбольной битой или боулинг PIN-код, не имеющий выраженный выступ, где камера сгорания находится. Его самом узком месте все пути назад, только до конца выхлопной трубы.

Тюльпан формы был унаследован от лепесток клапана конструкции, как популярные Dynajet, и создал много неправильного среди энтузиастов. А именно, по мнению ряда экспертов, это не обязательно иметь большое значение для того, что происходит в двигателе. Широкая передняя часть не камеры сгорания и узкие трубы не выхлопной трубы.

В хорошо продуманных pulsejet, Tharratt говорит, горение будет идти на протяжении большей части трубы интерьера и не будет никакой функциональной разницы между "камеры сгорания" и "выхлопной трубы". Посмотрите на двигателей, что Павел Шмидт, отец современной клапаном pulsejet, предназначенный для его собственных целей и вы увидите, либо прямо, постоянного сечения трубы или тот, который расширяет (ракеты) Осторожно к выхлопной конца. Последний изображен в следующей картине. Цель заключается в обеспечить наименьшее возможное препятствие для потока газа и распространения волн давления.



путей

которые неэффективно упакованы и занимают много места. Таким образом, чтобы обеспечить достаточное количество клапанов области, головки клапана должна быть непропорционально широкие. "Талии" тюльпан ничего, но нежный переход от широкого раздел уже.

Это может быть верно в теории, но на практике, тюльпан форму трудно обойтись. Kadenacy дыхание не состоится, если (а) перепад давления между камерой и внешним достаточно высока и (б) дифференциальное может поддерживаться на достаточно минимальный срок. Газ должен быть толкнул вперед на достаточное давление и достаточно времени, чтобы разогнаться до велика скорости. Он должен получить по крайней мере минимальный импульс необходимой для эффекта Kadenacy. Это требует определенное количество родов.

Вообще говоря, отверстия, через которые камера сгорания эвакуированы и пополнен не должна быть слишком большой, или газ скорости будет слишком низкой, газа импульс будет слишком мал, и не будет быть не влияет Kadenacy. Двигатель не будет работать.

Мы знаем, что Пауль Шмидт достигнута исключительная степень наполнения его трубы импульса и вполне вероятно, исключительной скорости распространения пламени в связи с очень тщательной разработки. Это дало ему пики давления так высока, что он может уйти с относительно бедных удержания газов горения в трубке. Несколько Дизайнеры после его удалось повторить его результаты надежно. Эти результаты просто не может быть приняты в качестве разумного мерками.

Tharratt попытался объединить противоречивые требования - обеспечение заключения для газов, но производство наименьшее количество вредных препятствие - при наличии камеры сузить к выхлопных газов в очень пологом склоне, так что узкая часть была расположена почти в самом конце двигателя. Он утверждал, что формы соответствуют естественной форме ускорения потока газа. Только в самом конце трубы выставлены краткое наружу вспышки, чтобы свежий воздух сосал обратно в выхлопных ввести

более легко.

Интересно, Ф. Шульц-Grupow, отметил немецкий исследователь pulsejet, произнес это форма высоко неудовлетворительное в своем эпохальном сравнительное исследование pulsejet формы канала. Тем не менее, она, очевидно, работали на Saunders Roe, как более или менее одинаковую форму работал на них двигателей с клапанами, которые видели более широкого использования, чем те, бесклапанной.

Дизайн остается необычно. Ни один другой дизайнер я знаю решил подражать им. Тем не менее, очень простой pulsejet такого рода будет очень легко для энтузиастов построить. Он будет состоять только из вида консервную банку покрывать камеры и выхлопной трубы обычных pulsejet, как Бэйли, или Atom струи, или любого другого из десятка малых летательных-модели pulsejets. Распорки - возможно, просто в винтов - может держать крышку по центру, держать его на определенном расстоянии от стенки камеры и предотвратить его вперед и кормовой движения. Преимуществом конструкции относительно легко изменить в крышку размещения. Движущихся

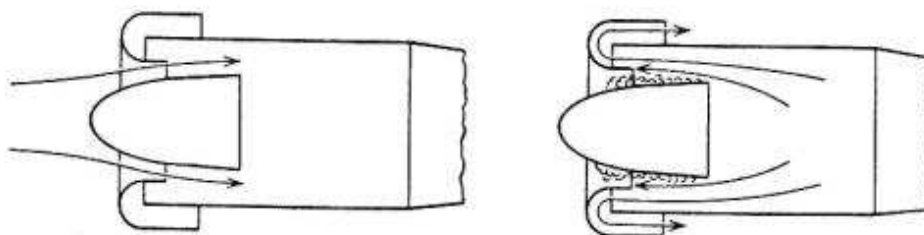
Попожение крышки немного вперед или назад даст строитепь Тонкая настройка

положение клапана поможет вперед или назад даст стрелки. Отклоняя настройка конфигурации и найти "сладкое пятно", на котором она работает лучше всего.

Проблема будет таким же, как и в любой кольцевой дизайн - как обеспечить подачу топлива, что позволит хорошее перемешивание. Глядя на двигатель Argus, возможно, имеющих право поставки пропана в центре пластины камеры переднего будет хорошо работать.

### Фоа

Джозеф Г. Фоа, другой известный исследователь pulsejet, исследованы ограничен трубки макет с очень интересный поворот. Он добавил, перед вступления свежего воздуха. Это показано на следующей диаграмме.



Такой прямой ввод снижает насосные потери и позволяет Фоа, чтобы выгоду от динамического давления (до степени, что pulsejet могут воспользоваться). Это очень элегантный потока выпрямителя и, как сообщается, работает хорошо. Возможно, следует отметить, является тот факт, - не упоминается в литературе, что я видел - что это не принципиально отличной от "рекуператором" Escopette, хотя его форма выглядит совсем иначе.

Учитывая простоту макет, я удивлен, что нечто подобное не получил популярности среди энтузиастов-любителей. Одним из них является действительно соблазн рассматривать такие двигателя, сделай сам проект, так как только реальные трудности, кажется, представленный полу-тороидальной поверхности.

Однако, как pulsejet энтузиастов Майк Кунц отметил, это могут быть относительно легко путем разрезания разделы Бент продольно трубки, чтобы получить полукруглые сечения каналов. Такие сегменты канала (например, четыре 90-градусный из них) являются присоединились сварки концы вместе и образуют хорошо половина-тора. Некоторые Я знаю людей смотрели на старого корпуса гидротрансформатором с искрой в глазах, тоже, но у меня есть не слышал, чтобы кто фактически используя его для этой цели.

[Пожалуйста, обратите внимание, что большинство диаграмм в этой книге не все полезно, как технические чертежи. Некоторые из них были построены из кусочков информации и представляют собой лишь грубое Представление о том, что фактическое макеты двигателя были похожи. Размеры показан на эскизы приближенного на самое лучшее. Если вы строите движок, основанный на любой из этих, не следует ожидать его на работу прямо сейчас! В самом деле, это почти уверен, что большое количество мастерить будет необходимо до успеха.]

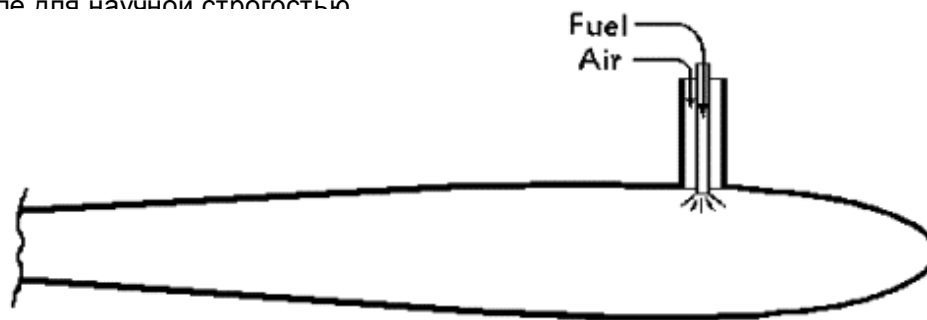
Как мы видели ранее, направления pulsejet точки приема на вопросы, очень мало. Двигатель глотает воздух тупик любом случае, и может так же легко сосать его с фронта, стороны или сзади. Это породили ряд интересных макетов. Два особенно удачные есть потребление прилипания со стороны камеры сгорания. Почему это должно быть хорошим местом для приема является вопросом некоторые разногласия.

Я не нашел очень хорошее объяснение в любом месте, но есть значительное количество доказательств из практических испытаний говорят, что он работает хорошо. Некоторые последние компьютерные симуляции сделана энтузиастов также показали, что это хорошо работать. К сожалению, они не говорят, почему-то работает, только что делает.

Я видел два pulsejet дизайнеров прошлого утверждают существование потребления позиция - Reynst и Альберта Г. Бодин, младший После резки через их подшивать и hawing, как можно сказать в пользу внутреннего конца от приема расположены в пучности давления. На практике, однако, как закончилось позиционирования его на около трети по сравнению с пучности к узлу.

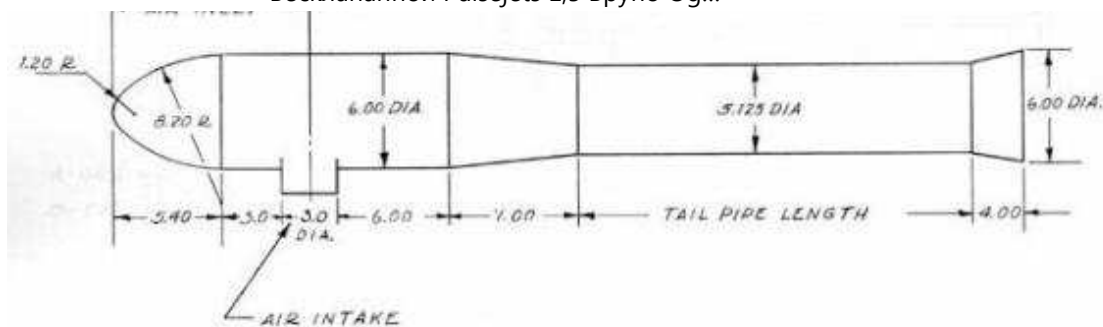
Так, два серьезных мужчин с очень идеи фирмы, наконец, прибыл в то же самое практичное решение, которое не было вполне в соответствии с идеями, которые они на бумаге. Ни действительно объяснил причину неравенства. В

pulsejet мире, это далеко не редкость. Посмотрите на достаточное количество pulsejet отчеты о проведенных исследованиях и вы найдете удивительное число obfuscations, finessing сомнительных претензий и т.д. и т.п. Это не хорошее поле для научной строгости



Независимо от теоретических заслуг стороны проекта, первый двигатель, чтобы использовать его с заметным успехом было Logan. Причина макет был прост - двигатель должен был быть установлен на вертолете ротора отзыв, перпендикулярной ротора период, и его воздуха и топлива кормили через ротор.

Дизайнер, Джозеф Г. Logan, был видным исследователем pulsejet - одно из громких имен в известный финансируемого правительством США проекта Squid, а позднее - дизайнера волны двигателя. Он оставил позади Наследие других заметных проектов (например, Херцберг-Logan пульсирующего сгорания с вращающимися потребление и выпускных клапанов). Выше конфигурации, как представляется, более поздняя версия, сделанная на самоопределение, выдержать без помощью сжатого воздуха. Следующий рисунок показывает конфигурацию разработанных в рамках проекта Squid. Это подавался свежий воздух при температуре выше атмосферного давления.



На первый взгляд, его принцип работы должны быть одинаковыми для двигателей Шуберта, однако некоторые источники говорят, что он работал значительно лучше, чем Шуберт на практике. Тот факт, что свежая смесь входит под прямым углом и хитов противоположной стене камеры должны играть роль.

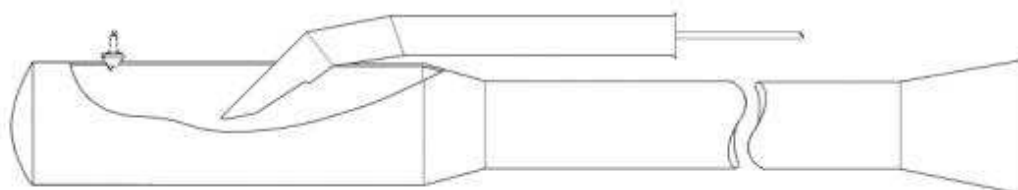
Я могу предположить, что, руководствуясь кривизны, поток разбивается на два регулярных и против вихрей вокруг продольной оси двигателя. Это очень хороший способ, чтобы смесь топлива с воздухом. Кроме того, парные вихри дают заряд импульса в направлении от потребления. Некоторые из этих движений от потребления могут быть сохранены в процессе горения и предлагают небольшое облегчение от полной давление сгорания. Может быть, небольшое облегчение достаточно, чтобы помочь Sonic задыхаясь от приема работ

Шуберт, как надеялись, что это будет.

Там также может быть причиной для акустической эффективности макета. Существует возможность того, что потребление трубки указывая на боковине палата может на самом деле увидеть, боковины, как камеры дно и таким образом пучности давления. Это сопоставление потребления и "нижней" палаты не слишком далеко по всей камере, кажется, положительный момент. Он хорошо работает на количество двигателей.

[Такой же сторону потребления находится в не связанных, - но и акустически настроенные - двигатель, "Давление струи" Gluhareff. Gluhareff утверждал, что план производства "Sonic замка необходимо для их нормальную работу. Это своеобразный Gluhareff терминологии, но звучит довольно кв. Есть сильные признаки того, что Gluhareff на самом деле просто видов pulsejet, но у меня нет достаточного количества данных в стороны представить дело и оставят его из этого обзора.]

Независимо от истины, он почти уверен, что макет Логан был продуктом счастливое совпадение. проектная группа не руководствоваться характер потребления, но продиктовано необходимостью сделать ротор-отзыв двигателя. Хорошее сгорания прибыл в качестве бонуса.



Поверхностно аналогичной конструкции, но которые не используют трюк Шуберта удушья потребления, пришли

из Морской исследовательской лаборатории (NRL) в Чесапик-Бич, доктор медицинских наук, в 1957 и '58. Команда во главе по Кэрролл Д. Портер разработал устройство несколько напоминающая Логан для производства сжатого газа для газовой турбины (см. фото выше).

Они также разработали сложную систему каналов и перегородки в свою очередь, пульсирующий поток исходящей от двигателя в устойчивый один, более подходящий для турбины вождения целей. Согласно их Выводы он работал. Однако, он не был рассмотрен любой турбовальных или производитель турбореактивный двигатель я знаю. Вполне возможно, что воздухопроводы дизайна требуется был слишком громоздким, чтобы быть очень практические.

КС сам, однако, судя по всему, выполнена достаточно хорошо. Это, кажется, в меньшей степени опираться на направлении передается свежего заряда, чем на экранирование потребление трубку от горения взрыв. См. путь в конце стек, разрезанный так, что только относительно небольшая часть

выхлопных газов

газа э



НРЛ докладе раунда и, видимо, кто-то впечатление на низких температур Лаборатория Национальный исследовательский совет Канады. Низкая температура исследования не легко связанных с pulsejets, но это то, что произошло. Принимая хороший взгляд на NRL двигателя, парни В Канаде разработали выше 3'6 "машину, которая разработала 3,5 фунтов тяги.

Это не походит на много, но это было не в этом. Оптимизированный для обеспечения движения целей, было бы , вероятно, разработаны гораздо больше, чем это. Но, это было действительно горячим воздухом вентилятор, а не движение двигателя. Зимой, например pulsejets дул в больших подземных диффузоров и производится огромное количество горячего воздуха, который поскользнулся между треками, стержней и колокол чудачки дистанционного переключения железнодорожной станции, поддержания жизненно важных частей подальше от снега и льда.

Документ, описывающий развитие вентилятор делает несколько интересных моментов, один из них невозможность начать такие устройства без принудительного воздушного. Трюки только не помогают, это кажется. начальные условия, необходимые для пульсации не могут быть созданы стационарные топливно-воздушной смеси.

Эта точка была успешно оспаривается некоторыми энтузиастами - во Флориде, Марко Thixis "на самом деле начинается некоторые из его доморощенный pulsejets с распылением метанола и матч, и они далеко рев, даже не приближается к сжатому воздуху. Брюс Симпсон в Новой Зеландии обнаружили, что достаточно большой бесклапанной pulsejet не будет необходимости принудительного воздушного либо. Его очень большой Локвуд-стиль двигателя просто нужно пропана и искры, чтобы начать рев. Это только доказывает, как сомнительные всех теоретических знания о pulsejets на самом деле.

Правильно или неправильно, команда СРН разработаны вынуждены воздушно-реактивного топлива вы можете видеть на фото выше, установленный на локоть Бент потребление / выхлопные трубы. Сжатый воздух продувается через струи, собиране пропана на пути. Как только двигатель поймали на, сжатого воздуха был отключен и струи будет работать с нормальным стремление. Опрятный рабочий проект заслуживает внимания.

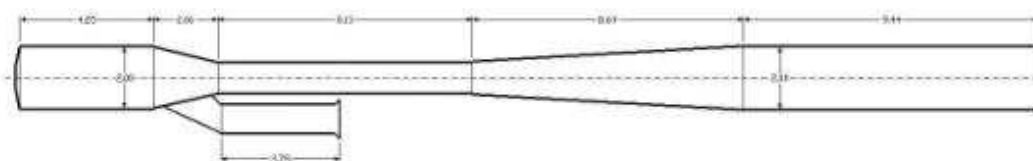
## Китайский CS

Благодаря Дону Лэрд, который сделал рисунок в соответствии с заводского изготовления

например, в 1993 и Кеннет

Моллер, который опубликовал планы на своем сайте в конце 1990-х годов, китайского производства

двигателя стала популярная конструкция среди любительских строителей двигателя.



Хотя легенда говорит, что она была разработана в Европе, существует мало доказательств в поддержку этой истории. В

1950-х и начале 60-х, он был произведен CS Шанхая, до самого последнего времени заметных производителя

обычных 2-тактных поршневых двигателей для авиамоделей. Компании больше не существует - или, по крайней мере не производит модели двигателей больше.

Две модели были доступны на рынке США - ППС-1 (22 "длинный, мощностью 2,6 фунта статической тяги) и

ППС-2 (34 "длинный, мощностью 5,1 фунта статической тяги). Оба они были предназначены для использования жидкого топлива (регулярный автомобиль бензина). Сегодня, большинство работают на пропан, но это позже, любительское развития.



Двигатель обратно в производство, после моды. Вы можете заказать детали из нержавеющей стали с момента зачатия

КЗС Inc, Канадская компания управляет pulsejet энтузиастов и участие в нескольких интересных



двигателя

конструкции. Картинка выше показывает, двигатель собрать из комплекта деталей.

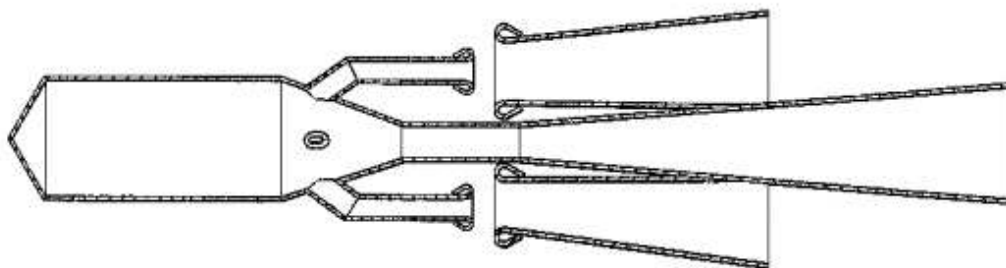
Это очень интересный и очень спорный двигателя. В отличие от Logan, потребление порта (который также выступает в качестве вспомогательного выхлопных) ветвях из камеры в непосредственной близости от выхлопных правильным.

Вместо свежей смеси входе камеры на одной стороне и горячего газа, с другой стороны, они входят

практически с той же стороны, в потоки, которые ущемляют друг друга под углом около 45 градусов.

Некоторые дизайнеры были весьма приняты макет, иногда до крайности. В середине 1960-х годов усилиями

Француз Рене Malgoux, на следующий картина случай. У меня нет данных о его исполнении, но она должна быть чтобы оппавлять чрезвычайные запредельный объема



На более разумного уровня, Ларри Коттрилл штата Айова, неутомимый изобретатель практически конструкции доступны для любитель, разработал свою ориентированных волны двигателя (FWE), а немного проще построить и полностью

viceless рода "китайский". На рисунке показан пример построен Эрик Бек рев прочь на снежной фоновом режиме. Одна из его основных характеристик является очень малой длиной от бесклапанной стандартов pulsejet - просто

26 в



Мнения об эффективности китайский двигатель меняться. Некоторые строители нашли его отходы

время. Один строитель Я знаю, кто построил свой например, после нескольких успешных двигателей Локвуд, описанных

Выход из его "китайским", как "хомяк дуть через соломинку". Следует отметить, однако, что его версия была прямой, постоянной выхлопной трубы раздел и не было вспыхнул губы либо на потребление или

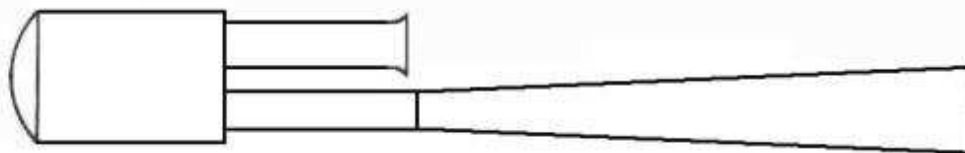
выхлопной трубы заканчивается. Обе детали будут, как правило, к снижению производительности.

Другие люди говорят китайские производит достаточное количество тяги для своих размеров и массы. Один Эксперт даже утверждает, что она является одним из лучших проектов во всем. Вполне возможно, что бедные эффективные двигатели были построены неправильно пропорции, однако. Это было бы объяснить необычные расхождения между производительность счетов.

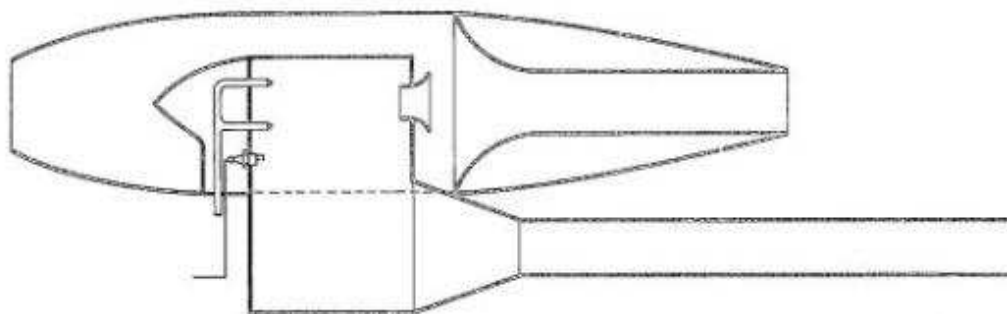
Мой личный опыт работы с китайскими очень положительно. В в мае 2005 года на совещании pulsejet энтузиастов на винограднике Бэбкок вблизи Ломпрос, Калифорния, два разных размера CS-тип двигателей были их тяги измеряется в тех же обстоятельствах и как оказалось, впечатляющие цифры - меньший построен Михаил Джонс из Орегона производится 4,6 фунта статической тяги и больший Эд Knessl Аризоны сделали 5,3 фунта. С учетом объема двигателя, цифры впечатлили всех присутствующих.

Более вероятно, можно ожидать в ближайшее время, как Knessl, со своей стороны, продолжает развивать концепцию в различных направлениях.

### Васк-Эндерс - Боханон и Термоджет



Как показывает эскиз, потребление даже не должны быть на стороне и наклонился назад. Можно просто иметь его торчат из задней части камеры сгорания. Небольшой недостаток этого макета же, как и Бент-обратно исчерпывается - он сосать свежего воздуха против течения, если Двигатель полномочия движущегося транспортного средства. Однако, если скорость движения очень высока, это не по всей видимости, большая проблема.



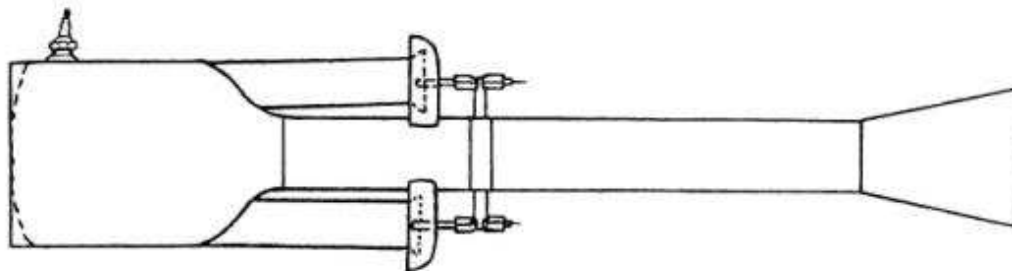
Один из самых сложных усилий в этом направлении была работа Роберт Х. Боханон, инженер с НАСА в 1940-х и 50-х годов, который, кажется, сделали большую часть своей работы с ПВРД и тяга увеличение. Выше рисунок показывает его "бесклапанной прерывистый прямоточного" двигатель, как он его называл. Я понятия не имею, почему он избегал помощью тега 'pulsejet'.

Это очень интересный макет. Казалось бы, "потребление" КС дается больше внимания, чем выхлопных газов, которые, как представляется, существует в основном для целей обеспечения

надлежащего резонанса. Использование нескольких инжекторов распыления топлива в поступающего свежего воздуха также необычна. Большинство других двигателей Дизайнеры спрей их топлива ниже по течению в поступающего воздуха или под прямым углом через поток. Боханон входе должны производиться очень сильной турбулентности для этого макета на работу.

То, что кажется вероятно, что идея капюшоне эжектор Боханон также будет работать на китайском CS.

Примерно в то же время, как китайский двигатель CS был продан в США, строители модели самолетов может также приобрести так называемые Термоджет от некоторых магазинах модели. Он был в числе лучших известных и наиболее успешным коммерчески доступных pulsejets времени



Дизайн Джон А. Melergic и изготавливается путем его термоструйной Стандартная инк Керрвилл, штат Техас, это устройство было от двух до четырех коротких потребления параллельно фланговые долго выхлопных газов. Расщепление потребление трубки в несколько меньших увеличивает сопротивление, что позволяет потребление, короче. Наиболее общей модели, J-3 200, сделанные выше, было два.

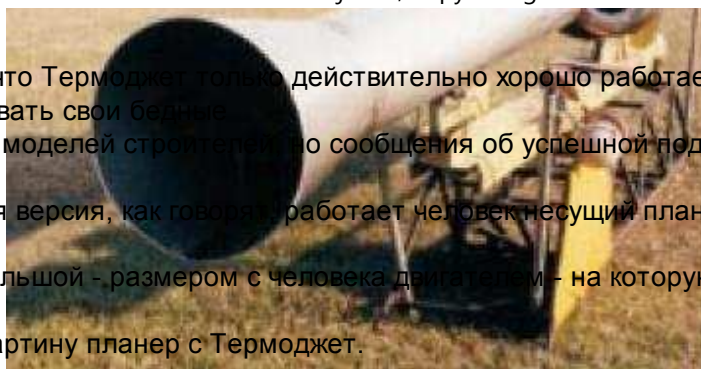
Термоджет поселится со своей простотой, но по сообщениям разочарован его эффективности. 3 - ноги двигателя 3-фунтов (с учетом веса пропан сантехника, но не топливного бака и топлива) порожденная 3 фунтов тяги при благоприятных обстоятельствах, но это часто выродился в нечто вроде 1 фунт

Люди, которые пытались его на летающих моделей сообщениям выяснилось, что он потребляется огромное количество пропан топлива - более 16 фунтов в час при полной тяги - в то время часто не подтолкнуть их моделей успешного взлета. Я могу предложить никаких очевидных объяснений низкой производительности. Я не мог найти Термоджет описаны в любом серьезном бумаги исследований и были вынуждены полагаться на модельеров "знания и некоторые современных испытаний, проведенных журналы модельеров.



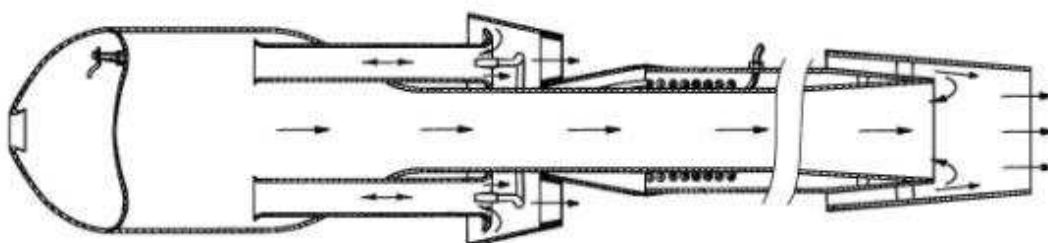
Вполне возможно, что Термоджет только действительно хорошо работает в больших размерах. Это было бы учитывать свои бедные возможности, но сообщения об успешной подвиги в мире "реальном" полет. Для Например, большая версия, как говорил, работает человек несущий планеров, как Escopette сделал.

Вот фотография большой - размером с человека двигателя - на которую у меня нет достоверных данных на нем. Я никогда не видел картину планер с Термоджет.



Самый амбициозный Термоджет далеко, кажется, был двигатель на картинке ниже - по-видимому окончательный расцвет усилия Melenric - начиная с ранних 1970-х годов. Это почти наверняка построен к власти полет беспилотный. Дизайнер утверждал, что его двигатель был хорош не только в диапазоне скоростей обычно достигается путем pulsejets (т.е. под Маха 0,5), но почти до звуковых скоростей. Это было осуществлять на основе тщательных рационализации и трубопроводов свежего воздуха. (Melenric не только один требовать Успешное применение высокоскоростных - специально обтекаемой Escopette называется добились Маха 0,85 питания гул.)

С упрощенной сечение показано ниже, можно увидеть, что основную схему следует, что из Модель размером Термоджет. Ясно также, однако, что потребление путей (три из них, радиально расположенных вокруг центральной вытяжной трубы) проекта и в камеру сгорания для доставки свежей заряда на точно (акустически) определяется место. Же функции можно увидеть на больших летающие модели Thermojets тоже. Можно утверждать, что внутри-проектирование потребление NRL двигатель но вариант этого макета.



По словам изобретателя, передней стенки камеры сгорания был профилированный, чтобы противостоять давлению потрясения, вместо того, чтобы предложить любую помощь перемешивание входящих заряда. Перед куполом пусто (это есть исключительно для предоставления упорядочения) и охлаждается воздух, проходящий через забор и несколько малых торговых точек в купол стены.

Второй примечательной особенностью двигателя является Melenric ложки свежего воздуха вокруг потребления и выхлопных концах. Ковши и протоки служить, чтобы обеспечить дополнительное свежего воздуха вблизи концов, которая позволяет Двигатель глотать его более легко в потребление части цикла. Это меньше борьбы за двигатель сосать свежего воздуха против течения.

В расширении часть цикла, этот дополнительный воздух становится ветром назад через задний концы ложки, под воздействием выхлопных газов. Ковши и протоки служить представить некоторые увеличение тяги.

В некоторой степени, в интересах увеличения впуска и выпуска отрицается увеличить

сопротивление, но на очень высоких скоростях, это, вероятно, единственный способ такой двигатель будет работать на всех.

Третий примечательной особенностью является стремление использовать отработанное тепло от двигателя на газификацию жидкого топлива и внедрить его в двигатель, как газ. Топливо привело к двигателя через металлическую трубу обмотанный вокруг выхлопных газов (см. центральной части двигателя на снимке). Тепла выхлопных газов кипит и испаряется топливо, и пара привела к форсункам, которые тыкают в каждый прием трубки.

Предварительного нагрева и испарения топлива служит нескольким целям. Один из них возможность использования жидких топлива, как Jet-A, с большим содержанием энергии, но все же обойтись без сложной системой впрыска, что требуется отдельного источника питания. Еще один хороший момент был устойчивый доставку топлива независимо от положение двигателя. "Обычных" Thermojets, напротив, только хорошо работает, когда двигатель был более или менее уровне. Известные наклонности, вероятно, причиной переходит из жидкого пропана доставки в газообразное и назад, так как он пьяный в баке.

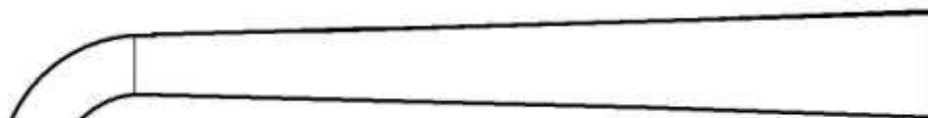
Струй, оптимизированный для жидкости, может только доставить недостаточное количество газообразного топлива, а это означает, что выходная мощность колебалась дико. Кроме того, двигатель был оптимизирован для работы при определенном давлении топлива. С бак более чем наполовину пуст, давление упало слишком низко и уже плохую работу отказался бесполезно низком уровне. Наконец, в манере, сходной с давлением струи Gluhareff, сильной потока сжатого газообразного топлива помогли повесить потребление потока значительно, заставляя смесь в камеры. Это очень хороший способ, чтобы использовать избыточное тепло предоставляемых pulsejet двигателя.

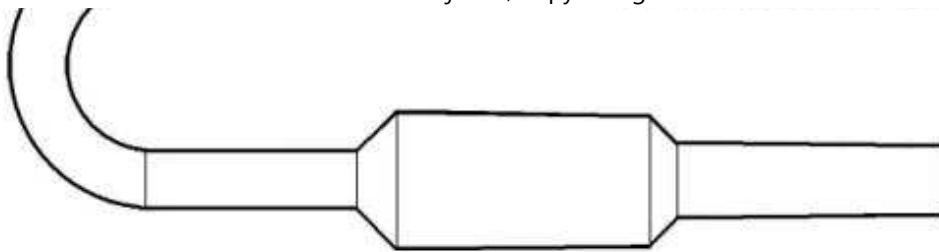
Макет Термоджет выглядит привлекательным для любительских строителя и многие из них были сделаны энтузиастов, с переменным успехом. На данный момент, наиболее серьезная попытка на развитие Я известно о том, что полу-про двигатель снаряжение Эрик Бек (<http://www.beck-technologies.com>).

[Примечание: Исторически сложилось так, "Термоджет" термин относится к реактивным двигателем которого холодильная установка приводится в вспомогательный двигатель, как одна питания Кэмпини Капрони СС-2 самолета, официально первый реактивный самолет

никогда (1940). Некоторые историки отдадут предпочтение по существу аналогичное устройство построено и пролетов 30 годами ранее румынский Генри Коанда. Такие двигатели позже стали называть "Мотор струй", так что мы , вероятно, может быть оправдано в использовании "Термоджет" как общее название для этого конкретного вида бесклапанной pulsejet.]

### Еcrevisse и Локвуд-Хиллера





U-формы Локвуд-Хиллер двигатель, возможно, самый знакомый бесклапанной дизайн на сегодняшний день. Это возможно, связано с усилиями Эд Локвуд, сын изобретателя Раймонда Локвуда, чтобы сохранить его отца наследие и сохранить его в глазах общественности (не говоря уже о продаже копий его работ), но нет отрицая, что Локвуд является эффективным бесклапанной двигателя pulsejet, возможно, одними из лучших разработан Однако, несмотря на его обманчиво простой вид.

Смесь порожденных смешивания газа пропана, который вводили через струи либо встроенный в сторону камеры сгорания или на стойке проектирование в камеру, или на двух скрещенных распорки охватывающий передней части камеры. Камера барабанного как широкой части двигателя. Краткое трубки в правый нижний является потребление. Сжигание конуса конец выхлопных газов.

Позже, некоторые исследователи и энтузиасты успешно используется жидкий впрыск топлива, но пропана остается наиболее простым и популярным.

Рэй разработал его в начале 1960-х, частично на Fairchild и Хиллер компаний и отчасти на его собственные, в основном на основе предыдущих французских проектов, основанных на себя Marconnet, к которому Хиллер купила права. (В 1964 году патент на этот двигатель был выдан на имя Локвуда - с любопытством, учитывая, что это такое, но развитие французский патент.)

Наиболее заметным из предшественников Локвуд Ecrevisse ("Раки"), разработанная в SNECMA по Пьер Servanty и Бертен. Фотографии выше и ниже показаны два варианта Ecrevisse. Один (См. выше) является одним из основных ранней модели и другие (см. ниже) рационализация более поздней версии с тягой augmenters. Я не буду иметь дело с ним дальше, как данные о Ecrevisse все еще не легко доступны.

Локвуд по сути тот же дизайн и более известного энтузиастов.



Как сообщается, "стандарт" Локвуд / Хиллер двигатель (модель NH 5.25-7), предлагаемых Хиллер вытеснены 280

фунтов тяги. Она весила всего 30 кг. Я считаю, что последняя цифра, на это просто пустая труба. Тем не менее, судя по усилиям энтузиастов здания Локвуд типа двигателей, первая цифра несколько подозреваемого. Это, возможно, были доступны в лабораторных условиях, или на определенных благоприятных скорость полета, но никто другой, кажется, быть в состоянии получить в любом ближайшем такой высокой выходной мощностью, даже если макет была скопирована рабски.

Некоторые наблюдатели полагали, что Локвуд / Хиллер, возможно, были намеренно оптимистично с их цифры в то время, как их усилия были, очевидно, расположились станом в оборонных заказов. Более высокие цифры были более вероятно, производят R & D грантов. Киндер наблюдатели отметили, что критика может быть сравнения цифры для расширенной струи с таковыми для ООН-дополнить те.

Способ функций Локвуд двигатель внешне простой и подходит объяснение, которое я дал в Начало этой работы очень близко. Однако помните, что он является одним из наиболее широко разработаны бесклапанной pulsejets никогда (за исключением Ecrevisse и Escopette) и, таким образом

Особенности некоторые мелкие детали, что можно развиваться только после долгих тщательных экспериментов и испытаний. Это особенно верно для системы подачи топлива.

Некоторые подробности уклониться простое объяснение, и вызвали споры в кругах pulsejet энтузиастов. Одним из наиболее противоречивых особенностей является то, что выхлопная труба очень узкая, где он выходит из камеры сгорания. Его площадь составляет лишь около половины территории трубки потребления. В большинстве другие pulsejets (в том числе те, бесклапанной), выхлопных газов больше, чем потребление.

Одна из причин я вижу в том, что довольно большой диаметр потребление трубки, необходимых для содействия дыхание. Однако, общая площадь обеих отверстий (передние и задние) должны быть в определенном соотношении к

Объем камеры для того, чтобы камера работать как генератор Kadenacy. Если эта область слишком большим, эффект Kadenacy будут потеряны. Таким образом, если Локвуд это есть большая доза для хорошего дыхание, он должен иметь небольшой выхлопные отверстия.

Брюс Симпсон, известный Новой Зеландии основе pulsejet разработчик говорит, что мегафон формы из выхлопных газов - небольшое отверстие в камере сжигания, чтобы из довольно большого диаметра задней части - это хороший "Kadenacy насоса", что повышает давление колебания камеры. Энтузиасты Graham Williams и Ларри Коттрилл отмечают, что она делает для хорошего воспламенения, стрельба пули нераспределенной горячего газа глубоко в центре камеры, откуда горения может распространяться через камеру легко и равномерно. Все они могут быть правы.

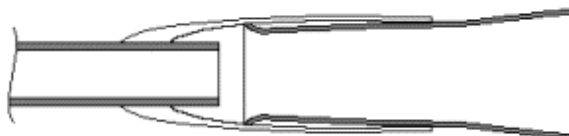
Любопытная деталь в том, что двигатель Локвуд, если правильно построены, не имеют одного "прямой" (Цилиндрическая) часть. Все его части сужены и его поперечное сечение постоянно меняется от начала до конца. Причина здесь, вероятно, хотите, чтобы избежать ограничений акустического резонанса. Такие формы будут готовы резонируют в довольно широкий разброс частот. Среди прочего, это позволит двигатель будет задушил вверх и вниз легко.





Что Локвуд, вполне возможно, иметь в виду, в истории будет то, что он был видным Чемпион увеличение тяги. Тяги augmenter это устройство, которое использует горячие выхлопные газы сосать дополнительные свежего воздуха в поток выхлопных газов газовой струи. Хотя устройство было известно задолго до этого приложения, она получила всеобщее внимание в области за счет увеличения тяги двигателя Локвуд очень заметно.

Горячий газ потокового из конца выхлопной трубы (слева на снимке) входит Вентури формы канала на правый, засасывает свежий воздух за ней и толкает свежем воздухе перед ним. В результате Чистое увеличение тяги.



Принцип очень старый и много дизайнер пытался использовать его. Большинство из этих экспериментов проводились либо с помощью сжатого воздуха (в частности, НАСА), либо с турбореактивными двигателями. Практическая Результаты никогда не оправданы дополнительные сложности и для массовых грузов (за исключением видимо, на некоторые очень специальные конструкций). Тем не менее, когда augmenters используются на pulsejet, получить довольно значительна. Если я не ошибаюсь, это было впервые сделано наш друг Бертен из SNECMA, и патент на pulsejet увеличения проводится на его имя. Выше эскиз элегантный вид augmenter Бертен. Ниже картину а грубее но, видимо, очень эффективное устройство на самодельных двигателя Локвуда довольно щедрое пропорций, питание Gokart



[Как в стороне - изображение также показывает пути pulsejet можно согнуть. В отличие от струи стационарного потока



двигателей, pulsejets не по всей видимости, сильно зависит от изгибов их протоков. Причина не в Совершенно ясно. Я думаю, что специфическая природа pulsejet потока - часть потока, а часть волны - может быть причине. В отличие от потоков, волн не беспокоимся по очереди и можете следить за любыми изменение направления проток легко. Это свойство может быть ослабление потока жидкости за поворотом, уменьшение турбулентности, что же изгиб порождает в стационарных течений.]

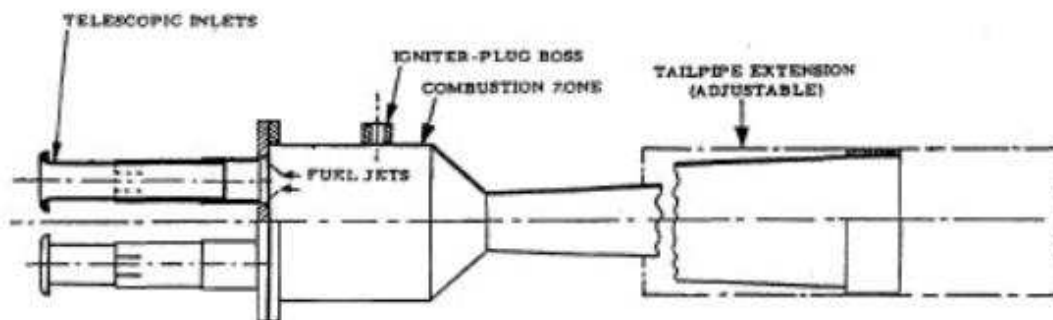
Рэй Локвуд считает выигрыш в тяги пришел из комбинации аэродинамики augmenter и насосный эффект. Изогнутые губы перед канал генерирует вперед "поднять", как потоки воздуха над ней.

Выхлопных газов повышает поток и создает дополнительную подъемную силу (или, возможно, дополнительные "тянуть" в данном случае). Однако, это не объясняет частности пригодность для pulsejets. На других реактивных двигателях, увеличение тяги имеет маргинальных использовать в лучшем случае.

Есть несколько причин для этого. Во-первых, эжекторы в целом являются более эффективными с пульсирующей, а чем устойчивым, поток. В случае pulsejet, механической накачки эффект больше связано с тем, что выхлопные импульсов создать тороидальных вихрей, которые расширяются к стенам augmenter и путешествия вместе, как жидкости поршни, толкая вперед свежий воздух и вытягивать свежий воздух позади них. Такие "поршень"

является более эффективным, чем простой плоский фронт давления, поскольку он остается вместе над гораздо дольше Расстояние до унижающими достоинство. Кроме того, ее водоворот также кажется, действует как центробежный насос, изображения, даже больше воздуха с ним. Все это добавляет воздуха в реакционной массы и значительно увеличивает тягу.

Во-вторых, augmenter использует излишки тепла в поток выхлопных газов - подобный трюк Бертен занятых на Escopette. Горячий газ выбрасывается в конической протока смеси со свежим воздуха, проходящего через и нагревает его. Отопление делает воздух расширяется, что увеличивает статическое давление на стенах augmenter. Компонента, что давление направлена вперед, толкая augmenter. Опять же, тороидальный вихрь помогает процессу, так как он является эффективным механизмом для смешивания горячего газа с холодным воздухом.



Претензии эффективности тяги augmenters на pulsejets значительно различаются. Я лично видел успешно мощные augmenter повысить направленность малых Локвуд на 40 процентов. Это было бы , похоже, подтверждают утверждает, что более 50 процентов доступно с тщательной разработки. Однако, Необходимо также иметь в виду, что augmenter представляет дополнительные аэродинамического сопротивления. Более определенной скорости предел, это будет начало перевешивает дополнительные тяги.

Интересная вариация на формулу Локвуд является двигателем команда во главе с ЕАК Кентфилд разработана в поисках более низкое потребление топлива и более компактные размеры. Как мы

видели на

Пример Термоджет, расщепление потребление области в несколько портов потребление меньшего диаметра увеличивает потребление сопротивление и позволяет тракта быть короче. Это позволяет пропорционально сокращение остальных двигателей. Команда Кентфилд разработали очень короткий прямой двигатель с четыре трубки потребления. Потребление и выхлопных были регулируемые по длине, чтобы изменения в Программа испытаний.



Версия, что двигатель был построен энтузиастов, тоже - Билл Хинот Калифорнии, который отправился в проблемы развивающихся специальной жидкостью впрыска топлива для двигателя, а также здания изогнутой рекуператоры для всех четырех водозаборов. Рано фотографию можно увидеть выше. Как вы можете видеть из Любопытно распределение тепла, на тот момент в развитии, фронт пламени был еще слишком далеко вниз по течению от идеала.

Все лица, заинтересованные в создании Локвуд хорошо рекомендуется просматривать интернет-источников для получения дополнительной

Информация на этом движке. Я упомяну только несколько из них - официальный сайт Локвуд (<http://www.blastwavejet.com>), сайт Эрика Бек, я уже приводил, небольшой струей Брюс Симпсон двигателя сайте (HTTP: // [Www.aardvark.co.nz / pjet](http://www.aardvark.co.nz/pjet)) и Пол Шерман огня и грома сайте (<http://www.brainvirus.org>), но Есть много других.

Сайт Локвуд богат историческими информации и предлагает возможность приобрести двигатель планов.

Это не змея-нефть-сайте, но искренне энтузиазма усилия, но должны знать, что документы есть восходят к эпохе "холодной войны" и содержат некоторые преднамеренное дезинформации. Ничего, что будет больно любительских энтузиастов, однако.

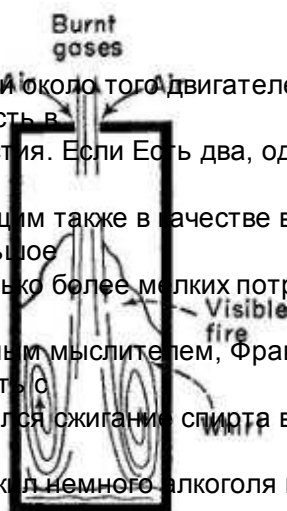
Место, чтобы увидеть Локвуд в театральное действие - возможно, не совсем использование предусмотренных для него Ray

Локвуд - это выживание Научно-исследовательские лаборатории (НИЛ). Вы можете найти о них в [www.srl.org](http://www.srl.org).

Это группа людей, преданных механических погром для общественных развлечений, предпочтительно с участием тепла, огня и шума. Один из их самых популярных инструментов pulsejet двигателей, Локвудс а также некоторые другие. Еще одна сильная рекомендация на этот раз для развлечения.

**Reynst**

Разнообразны, как и два десятка или около того двигателей мы описали до сих пор может быть, большинство из них одна особенность в общем: по крайней мере два отверстия. Если есть два, один является поступление и других выхлопных газов, с потреблением чаще всего выступающим также в качестве вспомогательного выхлопных газов. Если есть более чем два, есть одно большое основное выхлопных газов и несколько более мелких потребление / истощает.



Введите действительно оригинальным мыслителем, Франсуа Н. Рейнст Швейцарии. Как и большинство из нас, он любил играть с огнем, как мальчишка. Пока он пытался сжигание спирта в варенье его матери банки, он случайно обнаружил интересное явление. Если он положил немного алкоголя на дне банки, закрыли его крышкой, которое небольшое отверстие в ней, и зажигается паров спирта в отверстие, любопытно пульсации последовало. Пламя будет стрелять из отверстия, только погружается внутрь, а затем выбрасываются снова в быстром темпе. Он посмотрел как если бы банку дышал огнем. Что Рейнст обнаружен был своеобразный пульсирующий сгорания он позже перерасти в серьезные промышленной продукции.

То, что происходило в кувшин был релаксационных колебаний обусловлено сгорания смеси воздуха и паров спирта. Горение будет генерировать большое количество горячих газов (в основном углекислого газа и водяного пара). Давление внутри банка будет расти и газы будут расширяться через отверстие в крышке. Из-за инерции, газы бы overexpand и в результате частичного вакуума будет сосать свежий воздух дюйма Это свежий воздух будет кружить внутри банка, смешиваясь с паров спирта. Смесь воспламеняется на оставшиеся свободные радикалы присутствуют в горячей газ, который будет оставаться цепляться за стены внутри банку.

Этот простой эксперимент очень легко для всех, чтобы воспроизвести в домашних условиях. Просто убедитесь, что крышка замке и, желательно положить в банку воды, так что он получает охлаждением, или тепло будет взломать его в течение нескольких секунд. Конечно, различные сосуды металла также может быть использован. Рейнст был очарован это и в конечном итоге опубликовал исследование о поведении таких сгорания. Еще позже, он разработаны промышленные сгорания работает на том же принципе. Упрощенная схема показана на Следующий рисунок.

Камера имеет коническую потребление / сопла, который служит ускорения струи в фазе

выхлопных газов

и замедление диффузор в потребление фазы. Смесительной камеры охватывает сопла оставив только

устья камеру бесплатно. Воздушные потоки в смесительной камеры снизу и газа добавляется через

корма в левом верхнем углу. Свежая смесь всасывается в банк через узкую щель между рот камеры и камеры смешения.

Камера сосет в смеси из сторон, а не воздуха сверху из-за распределения

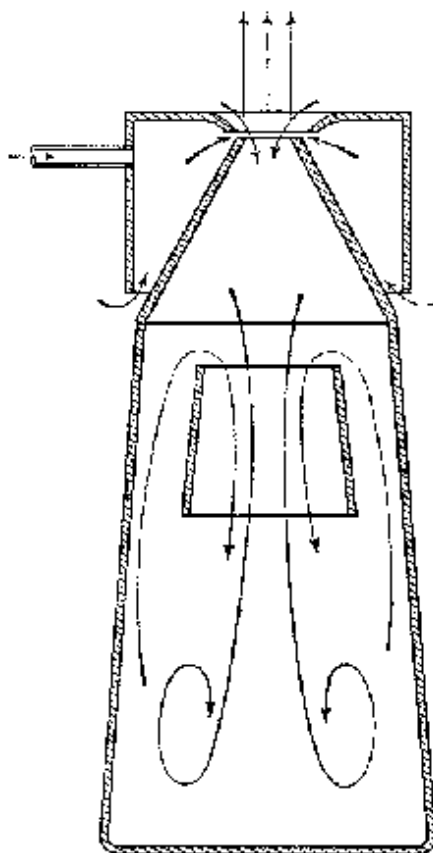
давлений. Когда начинается всасывания воздуха, который прямо над рот все еще отходит от

двигателя по инерции, отставая от потока выхлопных предыдущего импульса. Давление выше устья

Таким образом, ниже атмосферного, а давление в камере смешения выше - по крайней мере атмосферного,

возможно немного выше. Таким образом, поток, который пополняется камеры начинается через щели, а

чем через большой апертурой потребление на самом верху.



Необычные конические пункт в середине камеры дополнительного диффузора потребления, что помогает сформировать

вид потока, который работает лучше всего. Это еще одна особенность "горшок" Reynst. Как воздух всасывается

из сторон в камеру, он образует в форме пончика (тороидальные) вихрь, который путешествует по отношению к

в нижней части камеры. Диффузор увлекает его на своем пути, не давая ему расширение слишком рано.

Когда вихря достигает дна он отскакивает и - расширение к стенам камеры - поднимается обратно

вверх.

Диффузор таким образом отделяет вниз часть внутреннего потока от верх движущихся частей.

В отличие от большинства других камер сгорания pulsejet, на этот раз имеет аккуратный двустороннего потока, со смесью

обходе всей камере по крайней мере дважды - сверху вниз и снизу вверх. Как кружится

все время в тороидального вихря, все смеси делает высокоскоростные контакт с камеры на стене

какой-то момент. Никакая часть остается изолированным в "основных" газ как это происходит в некоторых других системах.

Это делает для очень надежное зажигание от свободных радикалов, которые остаются в тонком пограничном слое из горячего газа цепляясь за стенки камеры. Они тесно и активно смешиваются с потоком. Так, зажигание начинается примерно в момент вихря касается дна и по-прежнему на пути к вершине. В какой-то момент путешествия, внутреннего давления, создаваемого путем сжигания делает вихря взорваться. внутреннее давление скачки круто и вихревая масса горячего газа выбрасывается из двигателя на самом веру.

Заполнение камеры помогли вихря поведения. Как зажигания начинается внутри вихря, тепла добавляет энергию, чтобы спина и вихря ускоряет его верчение и контрактов. Это снижает объем из смеси попадает и еще смесь всасывается дюйма изобретатель также рассказал о тепловых стороны в цикле, с сокращениями усилена передачу тепла к стенкам камеры. Как Результатом этого сложного процесса, двигатель Reynst сообщениям экспонатов наиболее эффективным Kadenacy накачки всех pulsejets.

Молодые FH Reynst Таким образом родила pulsejet двигатель, который - в отличие от любой другой - имеет только один диафрагмы. Это логичное расположение - в конце концов, это только с непрерывным сгорания, что потребление и выхлопных газов должны быть отдельные. С пульсирующим сгорания разделение не является существенным, так как потребление и выхлопных частей цикла не являются одновременными. Камеру сгорания таким образом "дышит" и в через "рот".

Банк Reynst не акустических резонатора и его рабочий цикл происходит гораздо медленнее (по порядку величины), чем собственная частота его камеры. Однако, по чистой случайности во время тестирования, Reynst обнаружил способ сделать это в акустический резонатор и повысить производительность очень заметно.

Он использовал дымовых забрать горячего газа, а его испытания проводились внутри здания. Один день, дымовых раскол трансверсально на некотором расстоянии от банка. В нижней части упал, оставив только небольшой разрыв между горшком и сломанной дымоход. Сгорания неожиданно перешел в самом разгаре, четырехкратное увеличение частоты и амплитуды импульсов в частности. После этого, Reynst возбуждено программы развития, которые совершенствуются резонатора выхлопной для практического применения.

Полной, развитой Reynst сгорания были похожи на один обращается в упрощенном образом на следующее изображение.

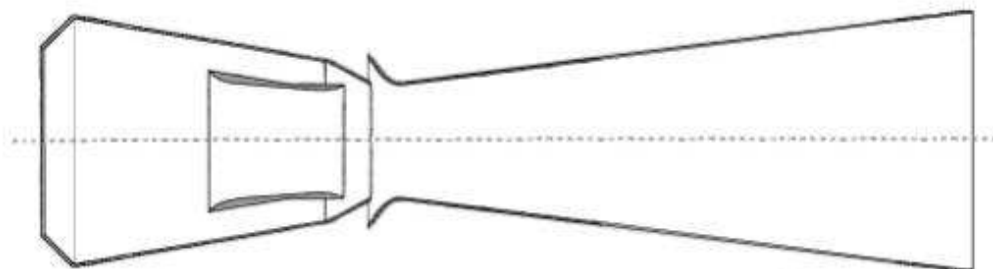
Я вижу случае полезно переключение между режимами резонанса впуска и выпуска части цикла. Основной моды в том, что из одного резонатора волны квартале, с пучности на Дно камеры и узел прямо у конца выхлопных газов. В то же время, судно также звучит в первой нечетной гармоники фундаментальной, с камерой будучи в четверть длины волны резонатора и выхлопной полуволны один. Пучности находятся в нижней части камеры и в середине выхлопных газов. Узлы на потребление щели и на внешнем конце выхлопных газов.

Бывший режим играет важную роль в расширении часть цикла, когда камера генерирует пиковое давление, которое освобождается вниз по течению, в конце канала и в атмосфере.

В потребление часть цикла, давление является самой низкой в камере сгорания, а в середине

из выхлопных газов. Она выше на потребление щели и в конце выхлопных газов, так что свежий воздух устремляется в на эти две точки, заправка как камеры и выхлопных газов для следующего цикла.

(Это весьма упрощенное объяснение, но достаточно близко к реальным событиям, чтобы быть правдой для наших ближайших цели.)



Все это было около метра. "Шум, производимый", пишет Reynst ", можно услышать, в зависимости от ветра, примерно в шести милях. "Это, кажется, была его гибели.

Что нужно помнить, что Reynst никогда не намеревался его сгорания для реактивных двигателей. Это было промышленные устройства, предназначенные для работы в качестве вентилятора печи. Надоедливых шума и значительной вибрации должно быть, это неприятная вещь для работы с. Ее способность производить большой объем высокого температуры газа при сжигании дешевые виды топлива (она хорошо работает на тяжелых нефтей и даже на угольной пыли!) никогда действительно видел практическое применение.

Reynst никогда не пытались оптимизировать его для тяги. В то время реактивных двигателей были практически невозможны. Однако, нет никакой причины, что я вижу, что бы сделать ее хуже, чем более общие бесклапанной pulsejets. Действительно, она легко может быть лучшим из всех, учитывая его отличную накачки и смешивания способности.

Только представьте себе тупой дно кастрюли округлены в более аэродинамической формы (ближе к Teardrop форме). Представьте также, выхлопных резонатора вытянуты вперед, чтобы заключить большинство из камеры и служить кольцевой свежее воздухопроводом. В результате форма дает очень хороший форме реактивного двигателя, в то время как остальные примерно так же просто, как любой другой бесклапанной pulsejet.

Другая мысль, что вторгается является сходство с китайским двигателем CS. Посмотрите на раздел CS и вращать его вокруг продольной оси. Что Вы получаете "горшок" Reynst с длинных трубчатых выхлопных газов. В манере говорить, китайский двигатель Reynst с трубчатой, а не кольцевой, потребление.

## ЧТО ДАЛЬШЕ?

Следующим шагом в развитии бесклапанной pulsejet трудно предсказать. Как я отметил в бумаге, были разработаны методы, чтобы сделать дизайн более предсказуемым. Это

думали, были разработаны методы, чтобы сделать дизайн более предсказуемым. Это подталкивает pulsejet ближе к практическому применению. Я предполагаю, что эти приложения будут исходить только если Проблема шума и вибрации на имя. Ни один серьезный, долгосрочный работать в этом направлении никогда было сделано, чтобы, насколько мне известно.

Проблема в том, значительные, но и являются средством на свой распоряжении. Управление звуком технологии добились огромных успехов с 1950 года, когда в последний раз были pulsejets рассматриваться на каждый день приложений. На мой взгляд, однако, эти методы действительно работают хорошо только тогда, когда их основной задачей является снизились, для шума pulsejet делает огромна. В качестве одного энтузиаста отметил, "pulsejets переопределить шум".

Самый простой способ сократить по крайней мере некоторые шумы, чтобы он сделать некоторые полезные работы. Теория говорит, - и некоторые эксперименты подтверждают, - что наличие двух одинаковых pulsejets работы по фазе будет отменить некоторые из нос. Это своего рода "ослабление задачу:" Я надеялась. Не следует быть слишком оптимистичным, для pulsejet шума из множества элементов. Из-отмены фазы будет лишь одним из многих шагов требуется. Но, это будет хорошим началом. Эксперименты, проведенные до сих пор (по Кентфилд в университете Калгари) указывают, что некоторые полезные сокращения шума действительно доступны этим методом.

Сделав два pulsejets работать против пары легко. Теория говорит, что они должны помогать друг другу работать более эффективно. Один теоретически должна быть в состоянии увеличить среднее эффективное давление в другой и наоборот. На практике это не была достигнута. Действительно, Кентфилд сообщили небольшое уменьшение общей тяги для парных двигателей, по сравнению с суммой двух синглов.

Однако его усилия были несколько поверхностный. Они были направлены не на "взаимной наддува" (как он назвал его), а просто на то, чтобы двигатели работают в противоположные пары и снижения шума. Обе цели были достигнуто несколькими различными способами с очевидной легкостью. Я возлагаю большие надежды на спаривание двигателей, которые позволят достичь не только снижение шума, но и повышение операционной эффективности. Один из лучших побочных эффектов процесса - если конструкция сделана правильно - будет снижение вибрации. Как противоположность-близнец поршневых двигателей внутреннего сгорания, два pulsejets работать вместе может быть сделано для отмены колебаний из.

Дальнейшее снижение шума и повышение эффективности, вероятно, скрывается в надлежащем увеличения тяги.

Смешивание быстро горячего газа с медленным прохладный воздух работал снизить шум турбореактивных двигателей. Существует никаких оснований почему он не сможет сделать аналогичную работу для pulsejets. Более массивная, но медленнее, выхлопных газов, по крайней то же время сделать pulsejet более эффективным на низких скоростях. Далее, использование камер перенапряжения, звукопоглощающих материалов и т.д., должны быть рассмотрены.

Если мы можем сделать pulsejet более приемлемым, мы можем обратить наше внимание на некоторые серьезные

некоторые серьезные

конкуренции с другими реактивными двигателями. Достижения доступны в эффективности - из различных способов повысить давление сгорания для использования большого количества тепла.

Дожигание только были осуждены в беглом образом, но она будет предлагать прирост производительности для более безопасного взлеты, в то время как "нормальный" и топливо-эффективных уровнях мощности используются для круиза. Закачка воды была отмечается многими и попытались очень немногие.

Наконец, с некоторыми тщательно проработаны, пульсирующего сгорания может вернуться в сердце турбины Двигатель, где их французские изобретатели думали, что они должны быть с самого начала.

Короче говоря, существует большое множество методов и приемов в своей распоряжении, чтобы сделать pulsejet Тамер, более подходящие для повседневного использования и даже живее исполнителя. Мало кто были с любое серьезное посвящение. Поля по-прежнему широко открыты. Это последний углу реактивного движения практически пренебречь по крупной промышленности и полностью открыты и доступны для энтузиастов. Я надеюсь, что кто-то принимает серьезное преимущество ситуацию и делает прорыв этой удивительной двигатель заслуживает.

Этот документ был обновлен в августе 2005 года

Автор документа можно связаться по электронной почте по адресу [bruno.ogorelec @ gmail.com](mailto:bruno.ogorelec@gmail.com) или по обычной почте на Терна Information Services, Kopernikova 10, 10020 Зарреб, Хорватия.

### **Обратите внимание на использование иллюстраций.**

Иллюстрации, использованные в данном документе, приходят из широкого спектра источников. Мало кто на самом деле моя. Для большинства, я даже не знаю, источник больше. Некоторые из них были изменены мне костюм

В настоящем документе лучше. Это не коммерческое издание. Я никакой пользы от его публикации, но сомнительную репутацию среди pulsejet энтузиастов. Если вы видите картинку в там, что является

С уважением, и вы возражаете против его использования, пожалуйста, дайте мне знать. Я вытащить его и заменить другим. Если это не является достаточным, и вы по-прежнему раздражает об этом, ну, подать иск против меня.