

俄羅斯是噴氣式發動機的祖國



人民體育出版社

俄羅斯 是噴氣式發動機的祖國

H. B. 依諾捷木切夫著

孫仲陞 彭永令譯

人民體育出版社

一九五四・北京

俄羅斯是噴氣式發動機的祖國

內容提要 本書系統地介紹了自最初的火藥火箭、液體燃料火箭以至現在廣泛應用的脈動式、渦輪式噴氣發動機。從這本書裏，我們不僅可以知道俄羅斯偉大的科學家們研究和發明噴氣式發動機的經過和噴氣式發動機的發展及其應用，而且還可以系統的了解各種噴氣式發動機的一般工作原理和知識。

本書是一種通俗的科學讀本，具有初中以上文化程度的人就可以看懂。

原本說明書名 РОССИЯ-РОДИНА
РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
著者 ПРОФЕССОР
ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
ЛАУРЕАТ СТАЛИНСКОЙ ПРЕМИИ
Н. В. ИНОЗЕМЦЕВ
出版者 ИЗДАТЕЛЬСТВО "ЗНАНИЕ"
出版地點及日期 МОСКВА—1952

書號 3 軍體 1 32 開本 18 千字 38 定價頁

原著者 Н. В. 依諾捷木切夫
譯者 孫仲陞 彭永令
編輯者 中華全國體育總會
中央國防體育俱樂部
出版者 人民體育出版社
北京八面槽九號
發行者 新華書店
印刷者 北京新華印刷廠分廠

印數 1—10,000 冊 一九五四年三月第一版
每冊定價 1,100 元 一九五四年三月第一次印刷

俄羅斯——噴氣式發動機的祖國

目前噴氣式發動機主要是應用在航空方面。噴氣式發動機應用在飛機上，引起了航空事業上真正的技術革命，在航空發展史上開闢了新的紀元。

採用噴氣式發動機以後，飛機的飛行速度就大大地提高了：例如1934年裝有活塞式發動機的飛機飛行速度的最高紀錄是每小時709公里/小時，1939年為755公里/小時，到1945年裝有噴氣式發動機的飛機的飛行速度已創造了976公里/小時的紀錄，到1948年則達到了1079公里/小時的紀錄。由這個事實，我們可以知道，在飛機上第一次使用噴氣式發動機就使飛機的飛行速度增加了40%。

由於噴氣式發動機具有優良的性能，因此，就很快在飛行速度為800公里/小時以上的高速度飛機上得到了推廣。

為什麼採用噴氣式發動機就能夠大大地增加飛機的飛行速度呢？

要回答這個問題，我們可以回想一下，裝在普通（非噴氣式的）飛機上的活塞式發動機，其功率的大小，不受速度影響，也就是說，在各種飛行速度下功率大致不變。假使飛行速度在每小時800公里，螺旋槳效率係數大致不變，則可看作是發動機拉力乘飛行速度之積的推進功率，也同樣不隨飛行速度變化。但在這種條件中活塞式發動機的螺旋槳效率是隨着飛行速度的增加而減小。

大家都知道，當飛機飛行時，空氣的阻力隨着速度的增加而增加。爲了克服這種阻力，就要求發動機必須要有較大的功率，使在高速時能產生較大的拉力拉着飛機前進，但活塞式發動機在快速上不能產生較大的拉力。現在用計算來說明，例如，當飛行速度爲1000公里/小時時，就需要3000公斤的拉力，（這些數據接近於現代高速噴氣式飛機的數據），活塞式發動機必須將功率增加到15,000馬力。

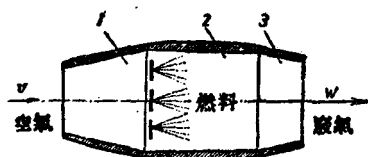


圖1. 衝壓式的噴氣式發動機略圖：

1. 擴散器 2. 燃燒室 3. 噴管

但是，活塞式發動機要達到這樣大的功率，就必須製造得很大，甚至於大得不能裝到飛機上。這就是裝有活塞式發動機的飛機改變爲高速飛機所遇

到的主要困難。

如果採用噴氣式發動機時這些困難就不存在了，因爲噴氣式發動機產生推力的原理和活塞式發動機所產生拉力的原理不同。

這種區別究竟在什麼地方呢？

讓我們先研究一下活塞式發動機的飛機是怎樣產生拉力的。

活塞式發動機是利用發動機工作後帶動螺旋槳旋轉而產生拉力，螺旋槳以某種力量將槳葉前後的大量空氣向後排擠，也就是向飛機運動的反方向排擠。根據作用力與反作用力相等的定律，該力就能推動飛機前進。飛機藉螺旋槳所排擠的大量空氣的反作用力而運動，這個力就叫做拉力。

活塞式發動機的飛機動力裝置是由普通的活塞式發動機和螺旋槳兩部分組成。當發動機工作時就帶動螺旋槳旋轉，而產生拉力。

由於空氣不是被發動機本身排擠，而是被特殊的推進器（螺旋槳）排擠，也就是說，使飛機產生運動的反作用力不是直接產生在發動機上，而是在推進器上。類似這種航空動力裝置可稱為‘間接反作用式’發動機。

噴氣式發動機與活塞式發動機的區別就在於：它是‘直接反作用式’航空發動機。

噴氣式發動機中的廢氣是經過噴口排出的，因此，反作用力是直接產生在發動機上，在這種情況下發動機又是推進器。

衝壓式空氣噴氣式發動機（圖1）是最簡單的噴氣式發動機之一。它本身是個薄壁的金屬圓筒，前部具有寬闊的進氣道——擴散器，後部是狹窄的噴管。

圓筒的中部是一個燃燒室，由噴咀將燃料送入燃燒室燃燒。

飛行時，空氣從進氣道進入燃燒室，由於受到阻礙，空氣流入發動機的進口時速度減小，因而空氣的壓力增高。很顯然，飛行速度愈大，空氣受阻礙的效力就愈大，進入發動機內的空氣愈多，發動機內的壓力也就愈高。

在燃燒室內，燃料往壓縮的空氣上噴射，由於其燃燒的結果，所形成的高溫燃氣通過噴管排到大氣中。因為從噴管中噴出的燃氣溫度比進入發動機的空氣溫度高得多，所以燃氣的流速比空氣進入發動機的速度高。

因此，空氣通過發動機以後，流動的速度增大，遂使被排出的大量空氣（氣體）產生反作用，形成推動發動機前進的反作用力。

在這種情況下，反作用力直接作用在發動機上，使發動機同時又成為推進器，產生所需要的推力。

因為飛行速度增加，通過噴氣式發動機的空氣量也隨着增多，這就是說，被發動機所排擠的空氣量也隨着增加。所以這種發動機的反作用力是隨着飛行速度的增加而增加，使發動機推進功率增大。這就是噴氣式發動機和活塞式發動機的基本區別。

由於噴氣式發動機有上述特點，並且構造簡單，重量和尺寸較小，因此它適用於高速飛行的飛機。

目前噴氣式發動機的主要缺點，是燃料消耗較大。也就是說，和活塞式發動機比較，其經濟性較差。

但是，噴氣式發動機時刻都在改善，經濟性不斷提高。因此，可以想像到，在最近的將來，噴氣式發動機在經濟性方面將與活塞式發動機差不多，甚至要超過它。

噴氣式發動機在航空事業中，得到了廣泛的採用，對現代的高速飛機來說，它已成為航空發動機的主要類型。將來隨着飛行速度的提高，噴氣式發動機在航空事業中，將起着更大的作用。

噴氣式發動機的發展，首先應當歸功於俄羅斯科學家、工程師和發明家們。他們多年來的工作在這方面遠遠地超過了外國的科學與技術。

首先應當指出，在創造各種型式的噴氣式發動機中，起

此信一紙和前一紙意思重複，可刪去。

到主導作用的是俄羅斯科學家和專家們。

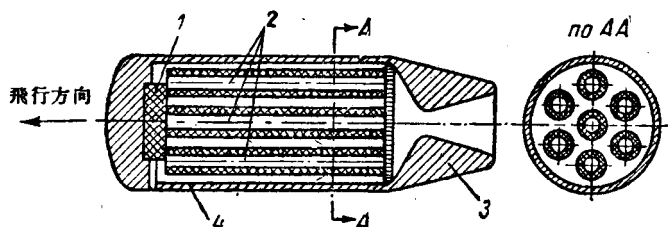


圖 2. 固體燃料噴氣式發動機略圖：

1. 引火劑 2. 火藥管 3. 噴口 4. 燃燒室的外殼。

現在仍有實際意義的各種類型的噴氣式發動機原理圖，很多都是俄羅斯人所提供和研究出來的，也是俄羅斯人發明的。

舉幾種主要類型的噴氣式發動機做例子，就可以說明這點。我們首先從固體燃料火箭式發動機談起。

現在，固體燃料火箭式發動機（圖 2）是以特種火藥為固體燃料壓成棋子形，填充在固體燃料燃燒室中，當燃燒室內的火藥燃燒時，便形成赤熱的氣體（燃燒物），以很大的速度從噴口噴出，於是就形成與氣體噴出方向相反的，使火箭產生運動的反作用力。

很早以前，人們就知道了火箭作用原理，遠在彼得大帝一世的時候，在照明和信號設備上就已經使用了俄羅斯的技師們所研究出來的火藥火箭。

在 1815 年——1818 年，A·Д·查夏得柯將軍研究出了軍用火箭的獨特構造，在專門的‘火箭局’組織了這種火箭的生產。1828 年——1829 年俄土戰爭中就已經使用了火箭武

器。

19世紀中葉，俄國砲兵學校的偉大代表人物 К·И·康士坦丁諾夫將軍的著作，對於火箭技術的發展有着很大的意義，除在應用火箭方面的實際經驗外，還深刻地研究了火箭的理論，並將這一理論大大地向前推進了一步。К·И·康士坦丁諾夫‘論軍用火箭’著作，在俄國及國外都享有很高的聲望。在長時期中，他的著作在火箭方面是無可倫比的。

俄羅斯的軍事工程師改善了軍用火箭的構造及其製造施工。必須指出，當時俄羅斯軍事技術思想並未倣效外國，而經常是走着自己的獨特的道路。儘管崇拜外國的保守軍事界和沙皇政府加以阻撓，但俄羅斯革新者在火箭武器的發展中仍取得了傑出的成就。

А·Д·查夏得柯設計的燃燒火箭和爆破火箭，К·И·康士坦丁諾夫創造的火箭和放射架，以及其他許多發明，將火箭武器的技術提高到新的階段。由於生產施工程序的改善，新機構的創造，軍用火箭型式的標準化，以及由康士坦丁諾夫領導進行的火箭武器新器材的實驗工作，才有可能大規模生產質量高的火箭武器。

К·И·康士坦丁諾夫爲了研究火箭工作，製造並應用了電動彈道控制設備。康士坦丁諾夫的試驗工作，打下了火箭武器射擊學的基礎。

К·И·康士坦丁諾夫的著作和他的火箭試驗，引起了那些曾經想把噴氣式發動機用於飛行與航空目的的發明家們的重視。康士坦丁諾夫以自己在火箭方面的著作爲基礎，認爲‘應用火箭來推動氣球是完全可能的’。

但是，關於利用火藥火箭作為飛行器械的發動機問題，在19世紀末葉才第一次研究出來。

研究這一問題中的優先權是屬於俄羅斯的科學家。這個優先權與革命者——民意黨人 Н·И·克巴爾奇克的名字是分不開的。他在1881年因參與謀刺亞歷山大二世而被沙皇政府判處死刑。

Н·И·克巴爾奇克於行刑前不久，在獄中完成了裝有火箭發動機的飛行器械設計的研究工作。這個設計是世界上可操縱的火箭式飛行器械的第一個設計。

克巴爾奇克提供了以火箭式發動機作為發動機裝置的建議，用壓縮成柱形棋子狀的慢性燃燒火藥作燃料。

為了供給燃料及調節發動機的工作，設有特殊的自動裝置。發明家也曾提供了火箭式飛行器械的飛行方法，就是以旋轉火箭室或應用兩個燃燒室來進行。以改變排出的火藥氣流方向來達到操縱飛行器械的運動。

在俄國火箭技術的歷史中，克巴爾奇克的‘航空儀器設計’是火箭飛機的第一個設計。俄羅斯發明家在世界上首先發表了關於在航空中能應用火箭式發動機的思想。

在克巴爾奇克被處死後，他的設計曾在沙皇警察局的檔案保管室裏存放了36年之久。十月社會主義革命後才被發表出來。

克巴爾奇克的思想，在現代的火藥火箭式發動機中才真正地實現了。

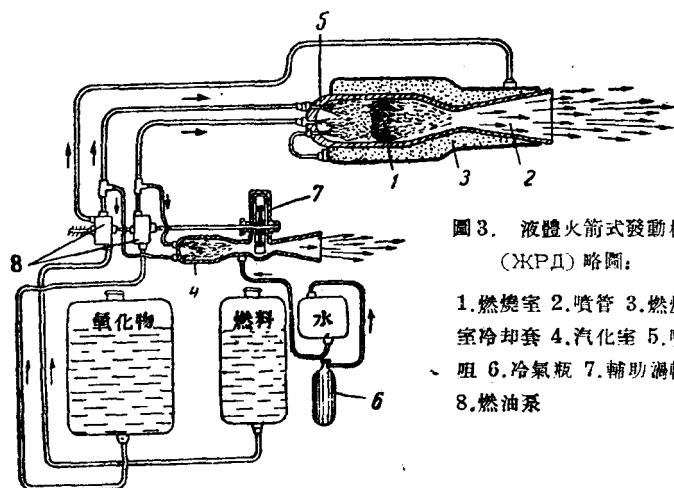
但是，火藥火箭式發動機不能用來做主要航空發動機。其原因是火藥火箭式發動機的工作受到火藥燃燒時間的限

制，同時，這種發動機的推力調整比較困難。

目前火藥火箭在砲兵中用為火箭的發動裝置，在航空事業中用為幫助重型飛機的起飛裝置。

液體火箭式發動機也是俄羅斯人發明的。

液體火箭式發動機（圖3）和固體燃料火箭發動機的工作原理一樣，其區別只是在於液體火箭式發動機燃燒室所燃燒的不是固體燃料（火藥），而是液體燃料和液體氧化劑的混合物，液體燃料和液體氧化劑是利用油泵或事先準備好的壓縮氣體不斷地從特製油箱中送到噴油咀。



因此，液體火箭式發動機的工作時間比火箭式發動機較長，可從飛機上燃料和氧化劑的儲藏量來測定。

除此之外，液體火箭式發動機能多次起動，並能用變更混合物消耗量的方法在飛行中調整推力。

世界上第一個液體燃料火箭式發動機是現代各種液體火

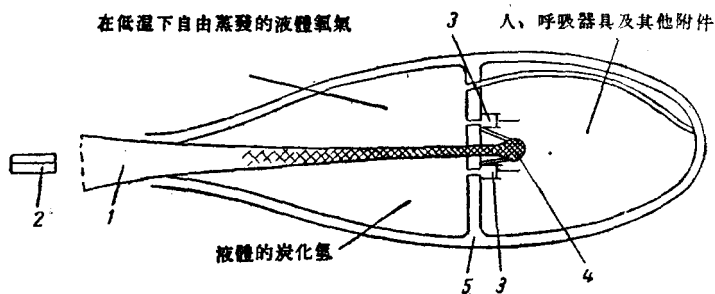


圖4. K·Э·喬可夫斯基的火箭飛艇：

1.噴管 2.氣舵 3.氣舵(條件表示) 4.燃燒室 5.雙層蒙皮

箭式發動機的原型，這個原型是由俄羅斯卓越的科學家和發明家K·Э·喬可夫斯基在1903年所設計的，並且遠在1896年在喬可夫斯基‘大地之外’原稿中已敘述了人類飛行器械原理裝置。

喬可夫斯基的巨大功績，是在於他創造了反作用運動的理論，並應用到火箭器械中。他是火箭飛行理論的創始人。

喬可夫斯基所發表的名為‘用噴氣式器械探測空間的研究’論文，是世界上第一個關於火箭式飛艇（圖4）宇宙飛行的科學著作。

喬可夫斯基第一個提出了火箭飛行的理論，並論證了火箭器械可用做行星之間的交通工具的可能性。他第一個研究了液體火箭式發動機的設計，並指出類似的發動機在高空飛行時的優越性。

喬可夫斯基不僅研究了與宇宙火箭有關的未來的若干問題，同時他也研究了有關目前航空發展方面的若干問題。他曾經這樣預言：‘在螺旋槳飛機世紀之後，接踵而來的應該

是噴氣式飛機的世紀’。我們現在已經證實了，卓越的俄羅斯科學家這一預言的正確性。但當他講這一預言時還未曾有一架噴氣式飛機飛在天空，並且當時很多國家對製造噴氣式飛機的思想都認為是一種空想。

特別是在蘇維埃政權的年代裏，給科學家創造了一切有利於科學工作的必要條件；喬可夫斯基在火箭方面富有成就的事業才得到了發展。在這一時期，К. Э. 喬可夫斯基在反作用運動方面創造了卓越的科學著作。屬於這一些著作的如：1929 年的‘宇宙火箭列車’，1930 年的‘‘火箭式飛機’’以及 1932 年的‘半反作用式同溫層飛機’。

在‘噴氣式飛機’和‘火箭式飛機’的著作裏，喬可夫斯基作出了裝有壓縮機的空氣噴氣式發動機的飛機計算，他提出用空氣冷卻發動機的高溫部分；當分析這種飛機的飛行條件時，喬可夫斯基同時也提出了在各種不同的高度，不同的速度飛行下它的比較的經濟性。

第 2 頁
用 34
在‘半反作用式同溫層的飛機’的著作中，喬可夫斯基作出了一個帶有內外函的空氣噴氣式發動機的設計和計算，求出了空氣壓縮機的近似值（壓縮機的理論是喬可夫斯基在 1931 年於‘空氣壓縮器’一書中敘述的），求出了使空氣進入冷卻發動機內函的風扇（螺旋槳）及排氣反應的近似值，並敘述了飛機、機翼的形狀和尺寸及其他等等。必須指出，喬可夫斯基認為隨着速度的增大及接近臨界點必須考慮改變機翼形狀的問題。他曾經這樣寫道：‘即使假定機翼不大，也必須符合於某些條件，就是能够克服形成的空氣‘壁’及其危險的高熱’。超音速飛機的翼型也是喬可夫斯基提出的，

喬可夫斯基是舉世公認的蘇聯火箭理論的權威者，是那些發展他的思想而以自己的著述保證我國在火箭技術發展中起主導作用的蘇聯科學家、設計師、工程師們的思想鼓舞者和導師。

K·Э·喬可夫斯基在火箭技術方面的經典著作，是他精深鑽研的結果，獲得了全世界的威望。

斯大林同志對喬可夫斯基的科學功績給予很高的評價，斯大林同志在給喬可夫斯基的信中稱他為‘卓越的科學活動家’。

幾乎在半世紀以前，喬可夫斯基所研究出來的發動機已經具有現代液體火箭式發動機的所有主要部分，如：用油泵供給燃料，用一種液體燃料成分來冷卻的燃燒室，寬闊的噴管和氣舵。

喬可夫斯基的繼承者、蘇聯工程師 Ф·А·蔡迪爾於1930年在我國首先按喬可夫斯基的設計製造了並試驗了液體火箭式發動機，他並提出和研究了一連串富有獨創意義的偉大思想。

1924年在‘飛向其他行星’一篇論文中，他曾經敘述了飛機和火箭結合體的機翼式的行星間飛行火箭的主張。這樣機翼式的火箭能够在具有大氣的行星上進行安全降落，也能使火箭很容易地飛出地球大氣的範圍。

蔡迪爾詳細地研究了他所提出的利用火箭飛機在飛行中不需要的金屬部分作為火箭式發動機的燃料的問題。在1937年發表的‘遠距離飛行火箭構造’一書中他作出了火箭的圖形，在構造上是兩個飛機聯在一起，大的是起飛用，小的作

爲着陸用，用硬鋁、鋁鎂合金以及輕質合金製成的大飛機的某些部分，在起飛後就捲入火箭殼內部溶化，液體金屬流入火箭式發動機燃燒室內和氧混合燃燒，於是，使排出的氣體溫度增高，增大火箭效率。利用構造部分作爲金屬燃料的火箭的各種設計，蔡迪爾已於1932年在他的‘用噴氣器械飛行問題’的偉大著作中闡明過。

蔡迪爾曾進行過用輕質合金製造並在空氣中燃燒的試驗，提供了利用金屬作爲火箭式發動機補助燃料的可能性的理論基礎。

30年代初期，蘇聯工程師製造了多種應用液體燃料的火箭式發動機與火箭。製造這些火箭式發動機及火箭時，曾在實際工作中研究了：應用液體氧氣作爲氧化劑，應用各種不同的液體燃料（特別是酒精，汽油及其它等），用油泵及氣瓶供給液體燃料，以燃料成分冷却火箭式發動機，機翼式火箭及其他等問題。

1933年8月17日舉行蘇聯第一個液體燃料火箭的起動。勇敢的飛行員Г·Я·巴赫奇萬得熱在1942年駕駛液體火箭式發動機飛機完成了世界上第一次飛行。

從上面的事實我們可以知道在航空事業中，研究液體火箭式發動機及其實際實現和使用的偉大成就無可爭辯地是屬於蘇聯的科學家與工程師們。

現在航空中液體火箭式發動機在高速飛機——驅逐機攔截機上作爲主要的發動機裝置，並作加速器和起動火箭用，也可與衝壓式噴氣發動機併用。

將液體火箭式發動機應用在研究大氣的高層及用於執行

軍事任務的火箭上最為有效。

製造飛行器械上的噴氣發動機思想，首先是在俄羅斯提出來的。還在1849年，軍事工程師 U·M 特列切斯基就提出了採用氣流的反作用使氣球飛行。1866 年 M·H 沙可夫尼發展了這個思想，並提出製造硬式氣艇的特種發動機，在該發動機中藉着排出的空氣或氣流的反作用而產生推力。

沙可夫尼的這種發動機應當認為是現代噴氣式發動機的原型。現在噴氣式發動機的型別很多，但大體上可分為無壓縮機式的和有壓縮機式的兩大類。

除我們在前面談到的衝壓式噴氣發動機之外，共鳴式噴氣發動機是屬於無壓縮機式的噴氣發動機的一種。

這些發動機的特點，是進入發動機內的空氣不用壓縮機壓縮，這種發動機內空氣壓力的增高，是由於受到阻礙，也就是說，由於它在發動機的進口處運動速度減低而產生。

在壓縮機式的發動機中，爲了大量壓縮空氣，採用空氣壓縮機，這種空氣壓縮機是以活塞式發動機或者用燃氣渦輪來帶動。根據以上壓縮機式的空氣噴氣發動機可分為內燃機壓縮機式的及渦輪壓縮機式的噴氣式發動機。

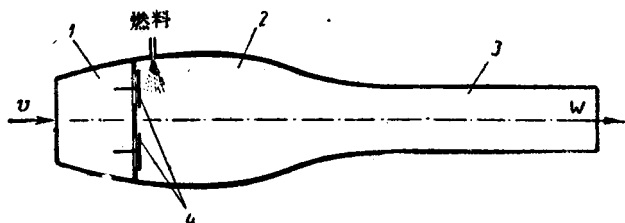


圖 5. 共鳴式噴氣發動機略圖：

1. 進氣道 2. 燃燒室 3. 噴管 4. 氣門

此字無用

俄羅斯是許多型別的噴氣式發動機的祖國。

無壓縮機式的噴氣式發動機中，現在有着實際應用意義的是飛彈上的共鳴式的噴氣發動機。

共鳴式發動機是由進氣裝置、燃燒室及長噴管所組成。進氣裝置與燃燒室隔開，燃油噴到燃燒室內的空氣中，就發生燃燒，於是燃燒室內的壓力就開始增高，薄片活門自動關閉，而將發動機的進氣裝置與燃燒室隔開，燃氣（燃燒物）從燃燒室進到噴管，由於氣流的慣性作用，及在長噴管中振動的結果，當燃氣從噴口排出時，燃燒室內的空氣就逐漸稀薄，因此在大氣壓力下薄片活門又被打開，新鮮空氣便進入燃燒室。

燃料在燃燒室內燃燒後，燃氣又重新進入噴管，如此重複循環。爆發的次數，即循環次數，每秒鐘為 30-50 次。噴管的長度近 3 公尺或多些。因此它亦不同於衝壓式發動機，在衝壓式發動機中，燃燒的過程是連續的，推力不變。而在共鳴式噴氣發動機中的反作用力，則由於燃燒室內間歇燃燒形成跳動（脈動）。因此這種發動機稱為共鳴式發動機（或者為脈動式發動機）。

共鳴式發動機能在沒有前進速度的情形下工作，並能產生推力。因為，在發動機工作時，燃燒室內空氣逐漸稀薄，由於壓力差，空氣就能進入發動機。衝壓式發動機不能就地產生推力，因而在飛機起飛時需要用特殊起動的加速器。

俄羅斯工程師 B·B·卡拉沃金是共鳴式噴氣發動機的發明者。他提出了並在 1906 年製造了以燃料混合物間歇爆發取得大速度的脈動氣流的器械（1906 年特許證號為 №15375）。