

WYIMKI Z HISTORII TŁOKOWYCH SILNIKÓW SPALINOWYCH – CZ. 2

PIREOLOFOR BRACI NIÉPCE

– PIERWSZY NAPĘD OKRĘTOWY Z SILNIKIEM SPALINOWYM

Pyréolophor – z greckiego: niesiony przez ognisty wiatr, a w wersji spolszczonej pireoloфор – to opracowany w 1806 roku i wykonany w 1807 roku przez Francuzów, braci Niépce: Josepha Nicéphore’a (ur. 07.03.1765, zm. 05.07.1833) i Claude’a Félix’a Abela (ur. 10.08.1763, zm. 10.02.1828), silnik tłokowy o spalaniu wewnętrznym.



Joseph Nicéphore Niépce



Claude Félix Abel Niépce

Pireoloфор, obok silników Issaca de Rivaza i George’a Cayleya, był faktycznie jednym z pierwszych zbudowanych silników spalinowych. Konstrukcja braci Niépce była nie tylko pionierska w rozwoju silników jako takich, ale również z powodu zastosowania jej do napędu statków.

Pireoloфор został zainstalowany jako napęd główny łodzi i przetestowany na rzece Saona. Po zakończeniu z powodzeniem teście napędu łodzi płynącej pod prąd rzeki bracia Niépce otrzymali dekretem Napoleona Bonaparte patent na wynaleziony przez siebie silnik. Paliwem dla pireoloforu było likopodium, czyli mające postać bardzo miążskiego proszku zarodniki roślin widłakowatych, głównie widłaka goździstego, rzadziej jałowcowatego i widlicza spłaszczonego.

Tłok znajdujący się w komorze spalania pireoloforu (Fig. 1) nie służył do przeniesienia napędu, jak ma to miej-

sce we współczesnych silnikach, lecz był elementem wspomagającym proces wymiany ładunku, zasysając powietrze do wnętrza maszyny. Podczas ruchu tłoka ku górze powietrze pod wpływem powstającego podciśnienia napływa do komory spalania przez zawór dopustu powietrza jednocześnie rozpylającego paliwo (Fig. 4). Tłok wewnątrz mniejszego cylindra w podajniku paliwa (Fig. 6) wtłaczał paliwo do zbiornika (komora rozpylania) z żarnikiem (Fig. 2). W tej komorze rozpoczynał się proces spalania. Żarzącym się elementem było włókno azbestowe wsuwane przez kłapkę do wnętrza maszyny przy każdym cyklu roboczym. Wtłoczone paliwo ulegało rozpyleniu i zapłonowi od żarnika. Spaliny pod ciśnieniem odpływały z układu przez zawory w tłoku w komorze spalania oraz zasilają dwa tłoki pomocnicze powiązane z mechanizmem ustawiającym elementy układu zasilania silnika powietrzem i paliwem

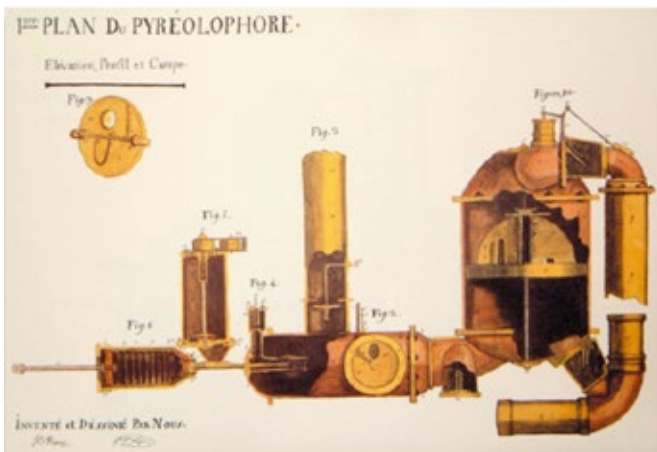
do położenia początkowego. Spaliny z silnika wykorzystywane były do wytłoczenia wody z rurociągu (kanału) wylotowego, a odrzut tej wody był źródłem siły napędzającej statek (napęd wodnoodrzutowy). W końcowej fazie cyklu roboczego otwierał się też zawór wylotowy spalin w kominie (Fig. 3), po czym tłok w komorze spalania opadał do dolnego położenia i cały cykl się powtarzał.

Pireoloфор składał się z szeregu urządzeń, które tworzyły złożony system przeciwwag, zbiorników, zaworów, popychaczy, łańcuchów, korb, dźwigni oraz kół.

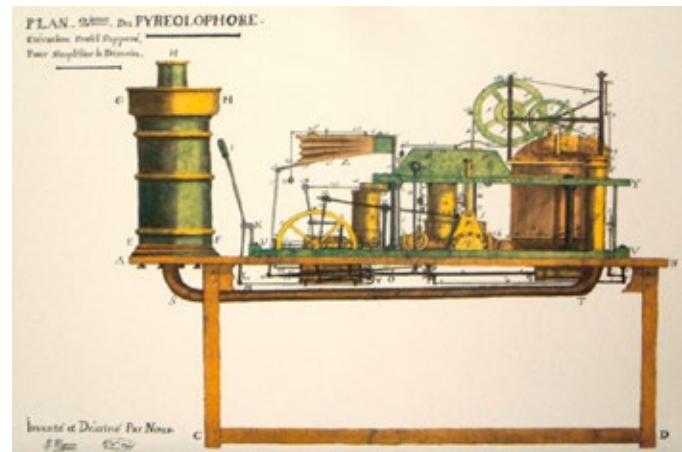
Animacje przedstawiające działanie silnika braci Niépce można obejrzeć w Internecie na stronach serwisu YouTube podanych na końcu niniejszego artykułu.

Napęd wodnoodrzutowy łodzi miał charakter pulsacyjny, tj. spaliny z silnika wykorzystywane były do wytłoczenia wody napływającej do kanału wylotowego, biegnącego w dolnej części kadłuba ku rufie, po każdym cyklu roboczym silnika.

Idealny obieg termodynamiczny realizowany w pireoloforze został przedstawiony na załączonym rysunku. Proces spalania inicjowany jest w komorze rozpylania o objętości V_c . Cykl roboczy silnika składa się z następujących przemian: A–B–C tłok przemieszcza się ku górze o objętość zasysanego powietrza V_p (odpowiadającej objętości głównego cylindra) oraz objętość mieszaniny powietrza i paliwa dostarczonej z podajnika paliwa V_p , kolejno na drodze C–D dochodzi do nieznacznego sprężenia ładunku (stopień sprężania ok. 1,1), co jest wynikiem ruchu mniejszego tłoka w podajniku paliwa (zmniejszenie objętości podajnika paliwa). W punkcie D rozpoczyna się spalanie, a przemiana D–E opisuje proces



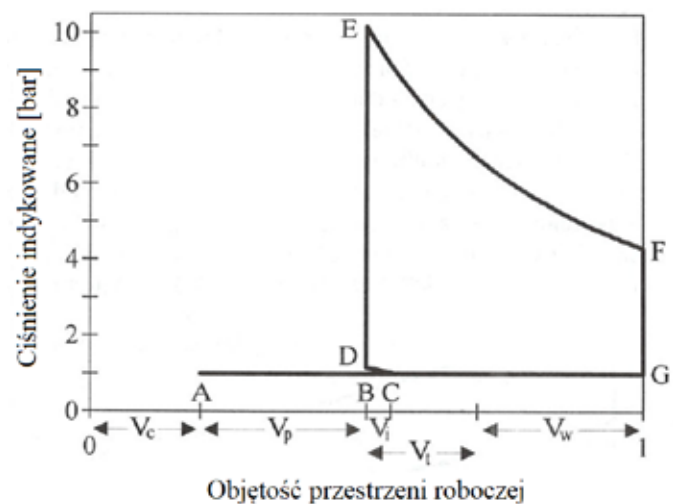
Układ wymiany ładunku, zasilania paliwem oraz komora spalania pireoloforu: Fig. – 1 komora spalania z tłokiem wyposażonym w zawory; Fig. 2 – klapka zamykająca do wprowadzania żarnika; Fig. 3 – komin z zaworem wylotowym spalin; Fig. 4 – zawór dopustu powietrza zasilającego i rozpylającego paliwo; Fig. 5 – zbiornik z paliwem i dozownikiem; Fig. 6 – tłok z cylindrem podajnika paliwa



Układ rozrządu pireoloforu

Podstawowe dane techniczne silnika braci Niépce

Wyszczególnienie	Wartość
Waga silnika	910 kg
Moc użyteczna	0,161 kW
Częstotliwość pracy silnika	12-13 cykli/min
Średnica tłoka	54,2 mm
Objętość komory spalania	0,476 dm ³
Maksymalne ciśnienie spalania	2,38 bar
Masowe godzinowe zużycie paliwa	0,5 kg/h
Wartość opałowa paliwa (likopodium)	29 MJ/kg
Sprawność ogólna	4%



Idealny obieg cieplny realizowany w pireoloforze: V_c – objętość komory rozpylania (i inicjacji spalania), V_p – objętość zasysanego do komory spalania (cylindra głównego) powietrza, V_i – objętość podajnika paliwa, V_t – objętość gazów nad tłokiem w linii odprowadzenia spalin wypychających wodę, której odrzut napędza statek, V_w – maksymalna objętość wody w pionowym odcinku rurociągu wylotowego; A–B–C–D–E–F–G–B–A – punkty tworzące obieg termodynamiczny (źródło: H.O. Hardenberg, „The middle ages of the internal-combustion engine 1794–1886”. SAE, Warrendale, 1999)

izochorycznego doprowadzenia ciepła. W punkcie E otwarte zostają zawory w tłoku i w trakcie przemiany E–F dochodzi do rozprężenia czynnika i związanego z tym zwiększenia jego objętości o wartość równą $V_t + V_w$ (stopień rozprężania wynosi ok. 2,0). W punkcie F otwiera się zawór wylotowy w kominie i ciśnienie czynnika spada do wartości ciśnienia otoczenia, czemu odpowiada punkt G. Zamknięcie zaworu w tłoku powoduje zmniejszenie objętości czynnika o wartość $V_t + V_w$, czemu towarzyszy przemiana G–B. I kolejno tłok przemieszcza się w dół, powodując

zmniejszenie objętości komory spalania o wartość objętości głównego cylindra V_p (na odcinku B–A). Po czym cały cykl się powtarza.

W latach 1816–1817 wynalazcy udoskonalili swój silnik, wyposażając go w instalację wtrysku paliwa. Pod koniec maja 1816 roku Claude wpadł na pomysł zastosowania węgla jako paliwa, a już po kilku dniach, 2 czerwca 1816 roku Nicéphore napisał do Claude'a (źródło: The Pyreolophore: a new engine principle – Nicéphore Niépce's House Museum): *Cieszę się, że dzięki wynikowi twoich doświadczeń w spra-*

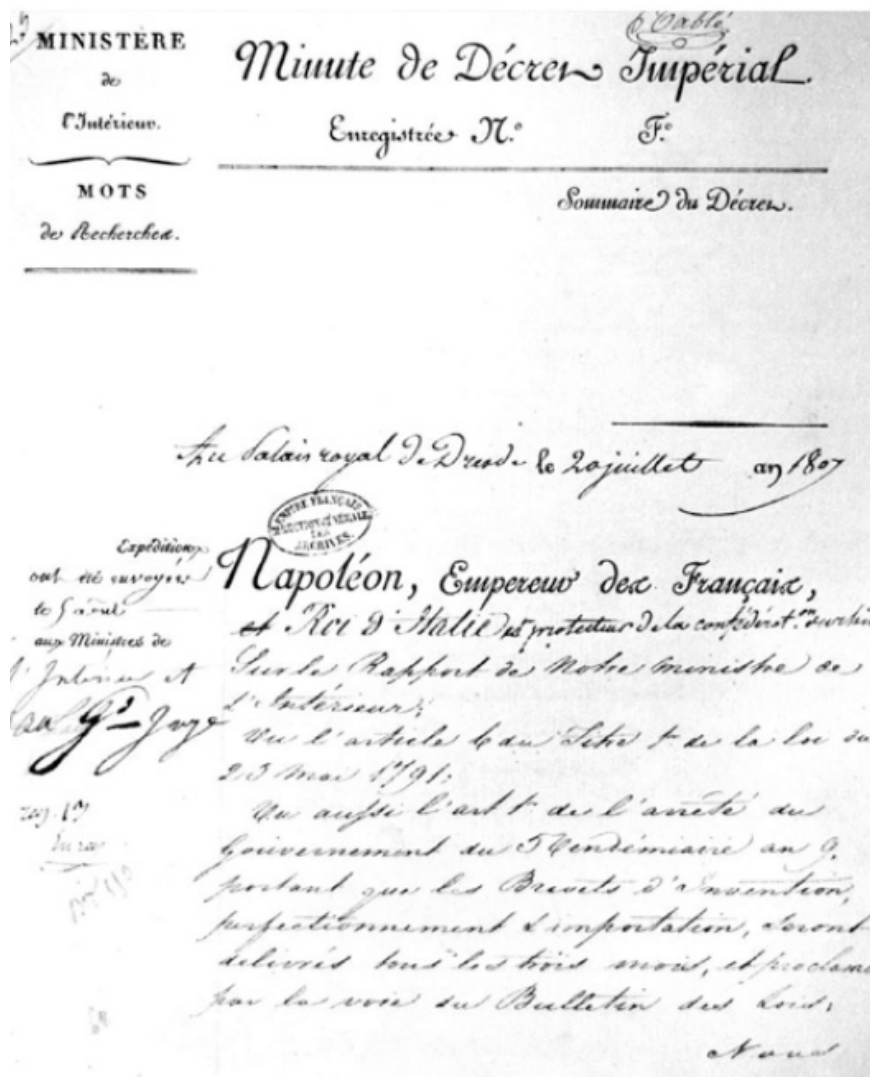
wie zapłonu węgla byłeś w stanie odkryć wiele wad związanych z tym paliwem i nasunął Ci się jasny pomysł zastąpienia go benzyną lakową z ropy naftowej. (...) Bardzo gorąco zachęcam Cię więc do powtórzenia na większą skalę tego interesującego eksperymentu, ponieważ gdy ludzie zobaczą, że przy niskim zużyciu paliwa możemy uzyskać ogromne uderzenia płomienia, będą zdumieni i przyznają prawdziwe znaczenie naszej odkrycia.

Od 8 lipca 1817 roku testy Claude'a stają się bardziej ukierunkowane, a Nicéphore pisze do niego (źródło:

The Pyréolophore: a new engine principle – Nicéphore Niépce's House Museum): *W rzeczywistości, jeśli uda Ci się wstrzykn  c benzyn   lakową z ropy naftowej z wystarczającą ilością energii, tak aby uzyska   natychmiastowe odparowanie, to jest pewne, mój drogi przyjacielu, że powinieneś wówczas uzyska   najbardziej satysfakcjonujący wynik.*

Tak więc możemy uznać braci Niépce za wynalazców instalacji wtryskowej paliwa.

Kilka lat p  wniej, w 1824 roku, Nicolas Léonard Sadi Carnot (ur. 01.06.1796, zm. 24.08.1832), autor znanego powszechnie obiegu termodynamicznego nazwanego od jego nazwiska, napisa   ksi  zk   pt.: „Rozważania nad si   napędową ognia i maszynami w  ciwymi do rozwijania tej się”, w której odniósł do silnika braci Niépce w następujący sposób (  r  d  o: „The Pyréolophore: a new engine principle” – Nicéphore Niépce's House Museum): Wśród pierwszych prób rozwinięcia si   napędowej ognia za pomocą powietrza atmosferycznego należy zwr  ci   uwagę na działania podjęte przez panów Niépce, które miały miejsce we Francji wiele lat temu, z wykorzystaniem opracowanego przez [tych] wynalazców urządzenia zwanego pireolofozem. Urządzenie to sk  ad  o się z cylindra z t  kiem, do którego wpuszczano powietrze atmosferyczne o normalnej gęstości. Substancja   atwopalna była wprowadzana do środka przy zachowaniu bardzo wysokiego stopnia rozdrobnienia i pozostawała przez chwil   zawieszona w powietrzu, a następnie była podpalana. Zapłon wywo  ywa   efekt podobny do tego, jakby elastyczny płyn by   mieszana   powietrza i palnego gazu, takiego jak powietrze i wodór węglowy; wówczas nast  powa   pewien rodzaj eksplozji i nagłe rozszerzenie elastycznego płynu, rozpr  nienie, które w całości oddziaływało na tłok. Ten za  s zostawa   wprawiony w ruch o okre  szonej amplitudzie i w ten sposób powstała si   napędowa. Operacj   można wznowi  , wymieniając powietrze i ponownie przechodząc przez cykl. Ta bardzo pomys  lowa i interesująca maszyna, zwi  szcza ze wzg  ldu na nowo   jej zasady działania, miała jednak poważną wad  . Materiał, który by   używany jako paliwo (było to py  likopodium, używany do wytwarzania płomieni w naszych teatrach), było tak drogi, że jakak  kolwiek korzy  sz z jego u  zycia znikn  aby, a nie-



Pierwsza strona dekretu Napoleona Bonaparte z dn. 20 czerwca 1807 r. przyznającego braciom Niépce patent na pireolofoz

stety bardzo trudno było u  zy   tańszego paliwa, ponieważ konieczne było ciało w postaci bardzo drobnego proszku, którego zapłon musiał być szybki, zapewnia   łatwą propagacj   płomienia, a także pozostawia   po spaleniu małe ilości lub brak popio  w.

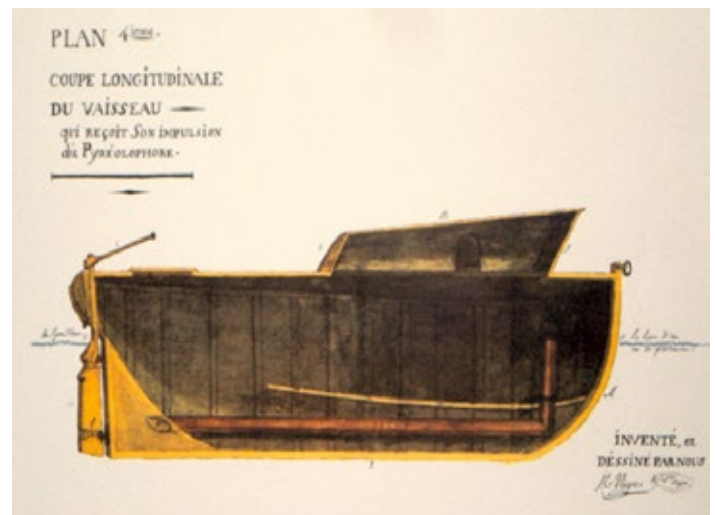
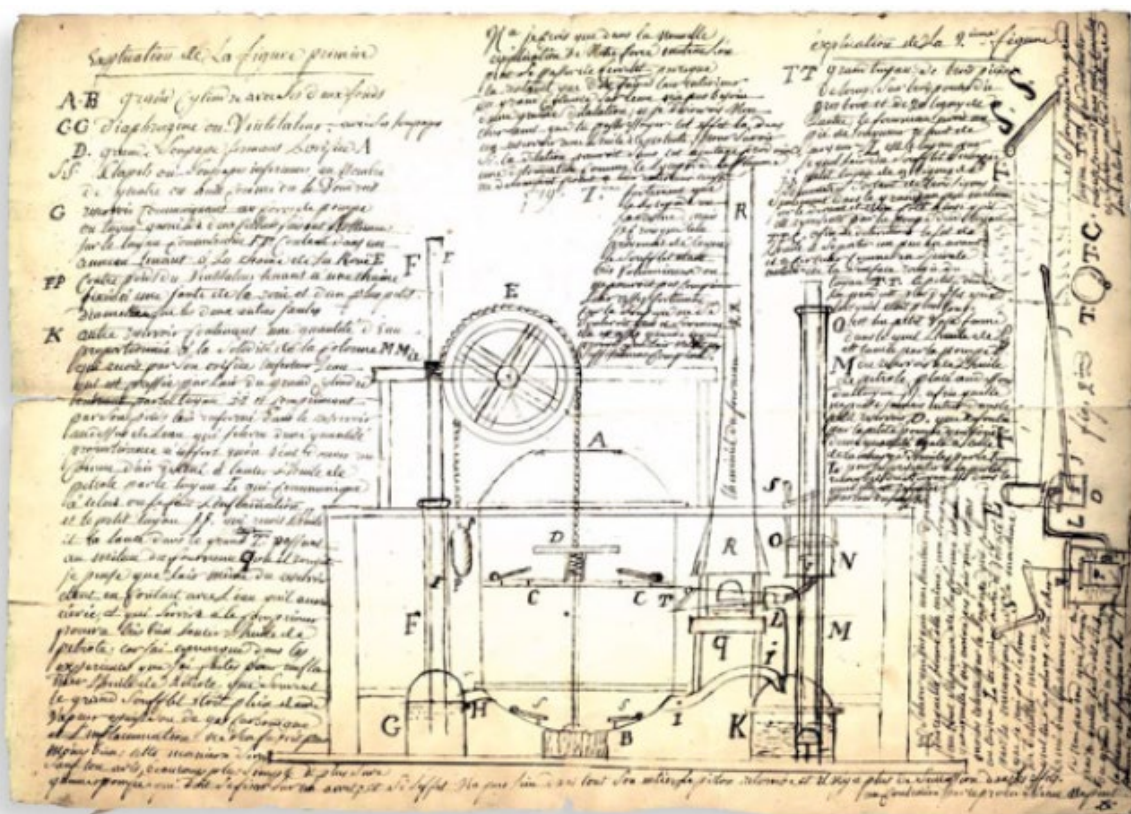
Carnot dostrzeg   więc prze  omowo   silnika braci Niépce, jednak jak widzimy, opisywa   w swojej ksi  zce pierwszą wersj   ich wynalazku, w którym paliwem było pył pochodzenia roślinnego. Zastosowanie benzyny lakowej jako paliwa do napędu maszyny w wersji udoskonalonej otwierało bowiem nową epokę w rozwoju silników spalinowych, zapewniając zarówno korzyści energetyczne, jak i ekonomiczne, o czym jednak Carnot nie napisa  .

Twórcom pireolofozu nie udało się wprowadzi  c wynalazku do produkcji, jednak ich maszyna stanowiła

przełomowy krok w rozwoju silników spalinowych dzięki pokazaniu po raz pierwszy w praktyce możliwości wykorzystania spalania wewnętrznego do napędu statku oraz zbudowaniu i przetestowaniu pierwszej instalacji wtrysku paliwa ropopochodnego. Pireolofoz zosta   uruchomiony prawie 100 lat przed zwodowaniem pierwszych statków napędzanych silnikami z posuwisto-zwrotnym ruchem tłoka w cylindrze i przeniesieniem napędu za pomocą mechanizmu korbowego. Można tu wymienić zwodowane na początku XX w. statki napędzane silnikami diesla takie jak m/v Petit Piere (1903 r.), s/y Orion (1907 r.), m/v Rapp (1908 r.), m/v Schnapp (1908 r.), m/t Djelo (1908 r.), s/y Farm (1910 r.), m/v Romagna (1910 r.), m/t Vulcanus (1910 r.) czy też m/v Selandia (1911 r.), ale to już kolejna historia.



Widok aksometryczny piroloforu

Przekrój wzdłużny łodzi napędzanej piroloforem i widok kanału
zapewniającego wodnoodrutowy napęd łodzi

Szkic udoskonalonej wersji silnika braci Niépce; październik 1816

Więcej informacji o silniku braci Niépce:

1. 20th July 1807: The world's first internal combustion engine is patented in France. <https://www.youtube.com/watch?v=OZmXQ-c4emXY&t=17s>. Dostęp: 14.04.2022.
2. Bicentenaire de l'invention du Pyréolophore. Le 1er moteur à combustion interne. <https://photo-museum.org/wp-content/uploads/2015/03/pyreolophore-exposition-maison-niepce.pdf>. Dostęp: 08.04.2022.

3. Spéos presents the first internal combustion engine invention - Pyréolophore, 2010, <https://www.youtube.com/watch?v=b4hXEgIYB24>
4. The first internal combustion engine in the world | le premier moteur à combustion interne au monde, <https://www.youtube.com/watch?v=K3bNk29ISU>. Dostęp: 08.04.2022.
5. Hardenberg H. O., „The Niepce Brothers' Boat Engines". SAE, Warrendale 1993.
6. „The Pyréolophore: a new engine principle" –

Nicéphore Niépce's House Museum. <https://photo-museum.org/the-pyreolophore-a-new-engine-principle/>. Dostęp: 08.04.2022.

Szkice: Joseph Nicéphore i Claude Félix Niépce. Skany dokumentów: Nicéphore Niépce House Museum

Tłumaczenia i zestawienie wskaźników energetycznych: Leszek Chybowski

Leszek Chybowski