

Sławomir Łotysz

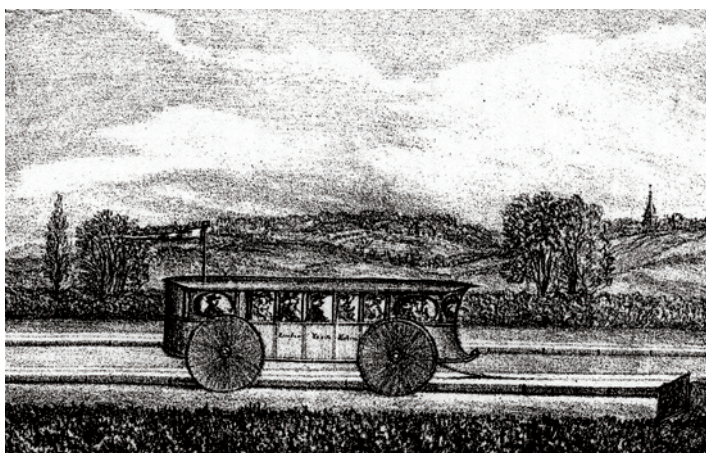
Kolej atmosferyczna

Uruchomienie pierwszej linii kolejowej Stockton – Darlington w 1825 r. było ukoronowaniem wieloletniej pracy całej rzeszy konstruktorów i wynalazców. Był to zarazem początek ery kolei parowej, która na wiele dziesiątków lat stała się dominującym środkiem transportu. Szybko rozwijająca się sieć kolejowa była motorem przemian społecznych i ekonomicznych określanych powszechnie mianem rewolucji przemysłowej.

Lokomotywa parowa, jeszcze w połowie XX w. powszechnie wykorzystywana, długo opierała się wydajniejszym i wygodniejszym w użyciu źródłom napędu, jak silniki spalinowe i elektryczne. Ale czy nigdy wcześniej jej pozycja nie była zagrożona? W połowie lat 40. XIX w. wydawało się, że kolej parowa zyskała godną rywalkę – kolej atmosferyczną.

Przyczyny zainteresowania

Można wskazać kilka przyczyn zaangażowania wynalazców w poszukiwaniu alternatywnych źródeł napędu właśnie w okresie kolejowego szaleństwa lat 40. XIX w. Trakcja parowa, wówczas licząca niespełna 20 lat, jako system w początkowej fazie rozwoju była wciąż wysoce niedoskonała. Jednym z podstawowych zastrzeżeń jej użytkowników był niezadowalający poziom bezpieczeństwa podróży oraz wysokie koszty budowy i eksploatacji. Obie te cechy wynikały z niedoskonałości zastosowanych rozwiązań technicznych. Coraz większe prędkości osiągnęte przez lokomotywy i związane z tym ryzyko wykolejenia, oprócz zdarzających się eksplozji kotłów, były główną przyczyną wzrastającej liczby katastrof. Z kolei ograniczona zdolność pokonywania wzniesień i ostrych zakrętów powodowała konieczność wydłużania trasy w terenie pofałdowanym, co znacznie podnosiło koszty budowy. Ponadto środek transportu, w którym znaczna część zużywanej energii była wydatkowana na przemieszczanie samego źródła napędu i niezbędnego zapasu paliwa, uważany był przez wielu inżynierów za nieefektywny.



Koncepcja pociągu atmosferycznego Medhursta z 1827 r.

Institution of Civil Engineers, Londyn

Poszukiwania alternatywnego napędu dla kolei żelaznych, w którym wyeliminowane zostałyby te wady, trwały niemal od dnia narodzin kolei i doprowadziły do opracowania kilku takich systemów. Niektóre, jak kolej balonowa czy wykorzystująca śrubę Archimedesesa, nigdy nie wyszły poza fazę koncepcji. Inne, jak pojazdy szynowe wyposażone w silnik zasilane sprężonym powietrzem bądź amoniakiem czy też poruszane za pomocą kabla, doczekały się prób, a nawet przez pewien okres funkcjonowały konkurując z tradycyjnymi rozwiązaniami. Z tego okresu pochodzą też pierwsze koncepcje wykorzystania w kolejnictwie napędu elektrycznego, choć przy ówczesnych środkach technicznych były to założenia czysto teoretyczne.

Jedynym systemem, który był poważnie brany pod uwagę przez wielu wybitnych inżynierów tej epoki, był napęd pneumatyczny i jego odmiana zwana systemem atmosferycznym. Wśród zwolenników nowego źródła napędu nie brak było czołowych inżynierów i naukowców tej epoki. O wyższości systemu atmosferycznego nad trakcją parową byli przekonani między innymi Isambard Kingdom Brunel, William Cubitt, Charles Vignoles, James Nasmyth, Dominique Arago, czy Michael Faraday.

Narodziny idei

Pierwsze praktyczne próby napędu pneumatycznego miały miejsce w czasie, gdy George Stephenson testował swoje pierwsze parowozy. Idea, aby do napędu pojazdu zamkniętego w szczelnej tubie wykorzystać sprężone powietrze, została wysunięta jeszcze wcześniej. Jej autorem był angielski wynalazca George Medhurst, który w wydanej w 1810 r. broszurze zaproponował wykorzystanie tego systemu do transportu lekkich przesyłek, jak listy czy paczki. Dwa lata później znacznie rozwinął swoją koncepcję. Tuba pneumatyczna miała być powiększona do rozmiarów umożliwiających poruszanie się nią wagonów pasażerskich i towarowych. Medhurst przewidywał jednak, że ewentualni pasażerowie mogliby odnieść się niechętnie do perspektywy podróży ciemnym, zamkniętym tunelem, dlatego też przedstawił rozwiązanie alternatywne. Tym razem cały pociąg miał poruszać się po szynach w otwartym terenie, holowany przez tłok poruszający się w tubie o niewielkiej średnicy. Podłużne nacięcie, umożliwiające połączenie między pojazdem a tłokiem, musiało być szczelnie zamknięte, tak by zapobiec przeciekowi powietrza.

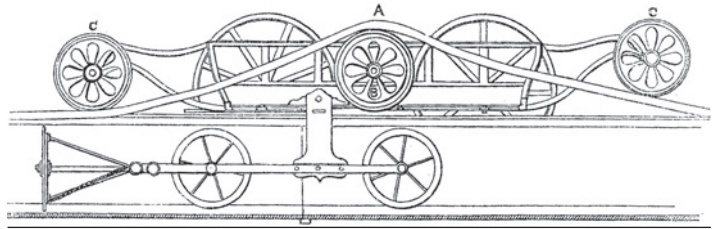
Medhurst nigdy jednak nie przeprowadził żadnego eksperymentu, który mógłby dowieść nie tyle zalet proponowanego rozwiązania, ale w ogóle jego wykonalności. Znaczenie kolejnej publikacji, którą wydał tuż przed śmiercią w 1827 r., pomniejszył fakt, że nieco wcześniej inny angielski wynalazca dokonał pierwszej praktycznej próby systemu pneumatycznego. Oto w 1824 r. John Vallance zbudował w rodzinnym Brighton drewniany model tuby długości około 50 m i średnicy umożliwiającej umieszczenie w niej niewielkiego wagonu. Eksperyment spotkał się z dużym zainteresowaniem publiczności i władz miasta. Vallance uzyskał nawet kontrakt na budowę linii pneumatycznej łączącej Brighton z Londynem oraz z odległym o kilka kilometrów portem w Shoreham, nie zdołał jednak zebrać niezbędnego kapitału.

Kolejnym wynalazcą, który podjął wyzwanie był Henry Pinkus, Amerykanin mieszkający w Anglii. Ten doświadczony wynalazca zainteresował się jednak drugim z systemów proponowanych przez Medhursta, nazwanym później atmosferycznym przez analogię do zasady działania atmosferycznego silnika parowego. W silniku takim czynnikiem roboczym było ciśnienie atmosferyczne działające na tłok, po którego przeciwnej stronie wytworzona została mniej lub bardziej doskonała próżnia. Tę właśnie zasadę, w odróżnieniu od sprężania powietrza proponowanego przez Medhursta, zastosował Amerykanin. W swoim projekcie jako pierwszy przedstawił konkretne rozwiązanie nakreślonego jedynie przez Medhursta problemu podłużnej uszczelki. Była to gruba, konopna lina wzmocniona drutem i pokryta cienką warstwą naturalnego kauczuku. W stanie spoczynku sznur wciśnięty był w bruzdę okalającą podłużną szczelinę, nie dopuszczając do przecieku powietrza do próżnej tuby. Dodatkowo był dociskany przez ciśnienie atmosferyczne. Specjalne koło zamontowane na czole pojazdu unosiło sznur umożliwiając przejście ramienia łączącego pojazd z tłokiem. Po jego przejściu sznur był ponownie wciskany w bruzdę. Pinkus nie docenił jednak wielkości przecieków powietrza do wnętrza tuby. Próby, jakie przeprowadził w końcu 1836 r. w Londynie, zakończyły się niepowodzeniem.

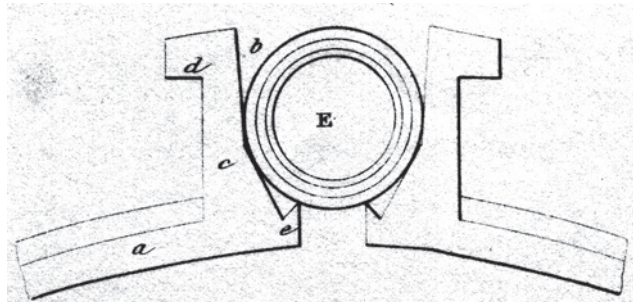
Uszczelka, która ostatecznie okazała się na tyle skuteczna, by sprostać stawianym jej zadaniom, została opracowana nieco później przez dwóch wynalazców angielskich. Byli to Samuel Clegg, inżynier o wielkiej renomie od lat działający w gazownictwie, oraz Jacob Samuda, który wraz z bratem zajmował się budową statków parowych w londyńskim Soho. W 1838 r. Clegg i Samuda przeprowadzili pierwsze udane testy w Challiot pod Paryżem. Innowacja polegała na zastosowaniu uszczelki wykonanej z pasa skóry wzmocnionej pytkami żelaznymi. Jej właściwe przyleganie do korpusu tuby trakcyjnej zapewniała masa uszczelniająca na bazie łożu i wosku. Pojazd posiadał zamontowany u podwozia zbiornik wypełniony żarzącymi się węglami. Po przejściu wagonu to niby-żelazko rozgrzewało masę, dociskając jednocześnie uszczelkę do korpusu tuby. Kolejne testy obaj wynalazcy przeprowadzili już w Anglii, w Londynie. Swoją model zbudowali w Wormwood Scrubs, niemal dokładnie w tym samym miejscu co Pinkus cztery lata wcześniej. Była to dla nich doskonała okazja nie tylko do usprawnienia swojego systemu, ale przede wszystkim do zaprezentowania go szerszej publiczności. Eksperymentom na tej krótkiej linii przyglądało się wielu inżynierów, dziennikarzy i urzędników z wielu krajów między innymi z Francji, Niemiec czy Irlandii. Efektem wizyty delegacji z tego ostatniego kraju był kontrakt na budowę pierwszej w świecie komercyjnej linii kolei atmosferycznej.

Dalkey

Pierwsza irlandzka linia kolei parowej potoczyła w 1834 r. Dublin z Kingstown, ważnym węzłem pocztowym. Przedłużenie tej linii do pobliskiego Dalkey (obecnie Dun Laoghaire) i tamtejszych kamieniołomów narażało konstruktorów ogromnych trudności. Trasa długości niespełna 3 km wznosiła się zbyt stromo jak na możliwości ówczesnych lokomotyw parowych. W drugiej połowie lat 30. XIX w., w okresie największego zapotrzebowania na granit z Dalkey wykorzystywany do budowy nabrzeży portowych w Dublinie, linię tę obsługiwał tramwaj konny. Po dziesięciu latach od uruchomienia zastąpiła go pierwsza w świecie linia kolei atmosferycznej. Było to prawdziwie międzynarodowe przedsięwzięcie.

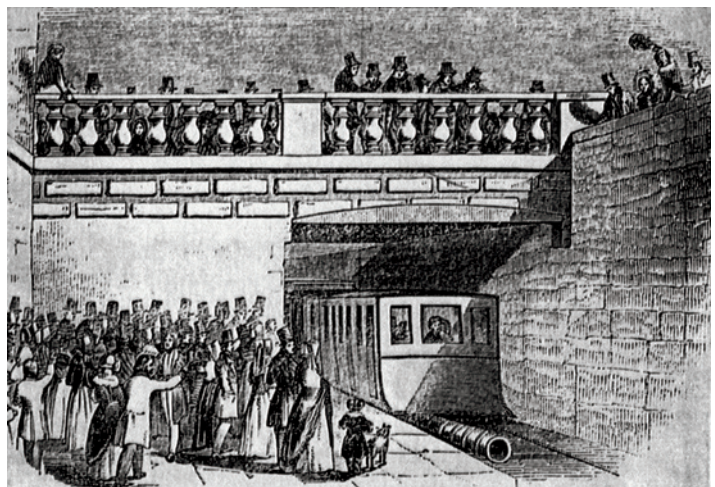


Pierwszy angielski patent na system atmosferyczny otrzymał Amerykanin Henry Pinkus w 1834 r. Institution of Civil Engineers, Londyn



„Uszczelka sznurowa”, bo tak Pinkus nazwał swój wynalazek, składała się z kilku warstw: sznur konopny z rdzeniem z drutów żelaznych pokryty był cienką warstwą naturalnego kauczuku

Institut National de la Propriété Industrielle, Paryż



Atmoferyczny pociąg opuszcza Kingstown w drodze do Dalkey

Irish Railway Record Society, Dublin

Pomysł, by właśnie tu po raz pierwszy zastosować w praktyce najnowszy angielski wynalazek, Irlandczycy zawdzięczają światnemu amerykańskiemu inżynierowi francuskiego pochodzenia, Charlesowi Vignolesowi. Systemem zainteresował się jeszcze podczas pierwszych eksperymentów, jakie Samuel Clegg i Jacob Samuda przeprowadzali we Francji i Anglii w latach 1839–1840. Szybko stał się jednym z najgorętszych zwolenników systemu atmosferycznego. Dzięki niemu do tego grona dołączyli również James Pim i Thomas Bergin, pełniący wówczas czołowe funkcje w kompanii Dublin & Kingstown Railway. Nowy system jawił się jako szansa budowy niskim kosztem sieci kolejowej w całym kraju i stworzenie tym samym podstaw dalszego rozwoju gospodarczego Irlandii. Clegg i Samuda zaoferowali kompanii bardzo dogodne warunki, decydując się ponieść część kosztów budowy i wyposażenia tej pierwszej linii. Poza tym znieśli opłaty za prawo do korzystania z wynalazku na kolejnych liniach, gdyby takie po-

wstały a nawet obiecali podzielić się wpływami, jeśli system zostałby wdrożony gdziekolwiek indziej w Wielkiej Brytanii.

Projektowana linia miała przebiegać tą samą trasą co dotychczasowe połączenie tramwajowe. Budowniczy zostali zobowiązani do poprowadzenia jej częściowo w wykopie oraz do przetrzucia nad nią wiaduktów w celu zapewnienia bezkolizyjnych skrzyżowań z istniejącymi drogami kołowymi. Dodatkowo, w wyniku protestu mieszkańców Kingstown, niemal stumetrowy odcinek linii przebiegający wzdłuż nabrzeża miał być obudowany szczelną konstrukcją z płyt żelaznych. Konstruktorzy zastosowali tubę trakcyjną o średnicy 38 cm oraz stację pomp wyposażoną w jednocylindrowy silnik parowy o mocy 82 kW z kotłem zamachowym o średnicy niemal 11 m. Siłownia zlokalizowana była na końcu trasy, na szczycie wzniesienia w Dalkey. Ruch tłoka, a wraz z nim pociągu, odbywał się w wyniku zasysania powietrza z tuby tylko w jednym kierunku – ze stacji Kingstown do stacji Dalkey. W kierunku powrotnym pociąg po prostu nabierał prędkości zjeżdżając swobodnie ze wzniesienia. Ciśnienie w tubie gotowej do pracy wynosiło przeciętnie 51 kPa, a średnie nachylenie trasy 0,8%, chociaż na ostatnich 350 m sięgało nawet 1,75%. Końcowy, stromy odcinek zapewniał wyhamowanie pociągu jadącego pod górę, a w drodze powrotnej gwarantował osiągnięcie odpowiedniej prędkości początkowej.

Urządzenie uruchomiono po raz pierwszy 17 sierpnia 1843 r., jednak z uwagi na wciąż nie ukończone przekrycie wykopu w Kingstown, oficjalne otwarcie nastąpiło 12 marca 1844 r. Pociągi kursowały co pół godziny od rana do wieczora, osiągając zdumiewającą na owe czasy prędkość rzędu 80 km/h. W 1845 r. kompania wystąpiła o pozwolenie na przedłużenie linii do odległego o niecałe 9 km miasta Bray, jednak ostatecznie starania te zakończyły się niepowodzeniem. Tak jak wcześniej eksperyment na Wormwood Scrubs, tak i pierwsza normalnie eksploatowana linia była tłumnie odwiedzana przez licznych gości z całej Europy i Ameryki. Wśród nich nie brakowało również osobistości świata nauki i polityki; w pokazach między innymi uczestniczył i pochlebnie się o nich wypowiadał premier rządu brytyjskiego sir Robert Peel. Entuzjazm towarzyszący pierwszym próbom udzielił się przedstawicielom niemal całej ówczesnej prasy brytyjskiej. Wśród nielicznych pism otwarcie krytykujących nowy system prym wiódł opiniotwórczy *Railway Magazin*. Jego wydawca i redaktor John Herapath, przy każdej okazji podkreślał znane lub choćby domniemane słabości systemu, oskarżając przy tym Samuela Clegga i Jakuba Samudę o popełnienie plagiatu. Herapath słusznie wskazywał, że pomysłodawcą pierwszego praktycznego rozwiązania idei George'a Medhursta był Henry Pinkus.

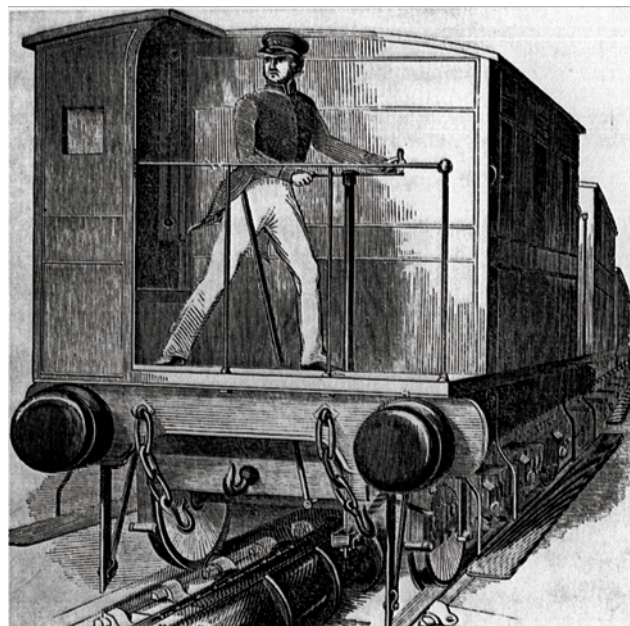
Poza normalną eksploatacją na trasie odbywały się ciągłe testy. Wykonana w pełnej skali linia była doskonałą okazją, by w praktyce zweryfikować poprawność przyjętych przez wynalazców założeń teoretycznych. Niektóre parametry, jak choćby wielkość strat mocy powodowanych przez nieszczelności uszczelki, były w przybliżeniu znane na podstawie wyników eksperymentów na Wormwood Scrubs. Z kolei odległość, w jakich powinny być rozmieszczone stacje pomp obsługujące kolejne odcinki tuby trakcyjnej, były określane przez wynalazców dość swobodnie, choć miały zasadnicze znaczenie przy szacunkach ekonomicznych. Pinkus na przykład określał tę odległość na około 10 km, Clegg i Samuda mówili już o 5 km. Tymczasem nawet siłownia parowa o mocy 82 kW obsługująca niespełna 3-kilometrowy odcinek Kingstown – Dalkey okazała się ledwie wystarczająca. Awa-

ria pompy, jaka miała miejsce w listopadzie 1849 r. zmusiła inżynierów do tymczasowego zastąpienia trójki atmosferycznej odpowiednio zmodyfikowaną lokomotywą. W takich oto okolicznościach został podważony koronny argument zwolenników systemu atmosferycznego – parowozy były już zdolne pokonywać wzniesienia niedostępne dla nich jeszcze kilka lat wcześniej. Ostatecznie linia Kingstown – Dalkey została przejęta przez inną kompanię, która uzyskała również koncesję na budowę wspomnianego połączenia do Bray. Tym razem jednak miało to być połączenie parowozowe. Ostatni pociąg atmosferyczny wyruszył do Dalkey 12 kwietnia 1854 r. Dziesięć lat niemal nieprzerwanej eksploatacji było mimo wszystko wielkim sukcesem Clegga i Samudy, tym bardziej, że dwie kolejne linie atmosferyczne przetrwały zaledwie po kilkanaście miesięcy.

Croydon

Druga z oddanych do użytku linii kolei atmosferycznej potoczyła Londyn z pobliskim Croydon. Tym razem obaj inżynierowie mieli okazję potwierdzić deklarowane zalety nowego systemu na intensywnie eksploatowanych liniach podmiejskich. Pracami, które rozpoczęły się w końcu 1844 r., kierował wybitny inżynier brytyjski William Cubitt. Kompania kolejowa otrzymała pozwolenie na budowę linii z centrum Londynu aż do Croydon, położonego na południowych przedmieściach metropolii. W pierwszej kolejności, już w sierpniu 1845 r., oddano do użytku odcinek długości 8 km łączący Croydon ze stacją Forest Hill, leżącą w połowie zakontraktowanej trasy. Pozostała jej część była tymczasowo obsługiwana przez lokomotywy.

Na początku 1846 r. tuba została doprowadzona do New Cross, kilka kilometrów przed końcową stacją przy London Bridge. Ostatecznie długość trasy obsługiwanej przez pociąg atmosferyczny wyniosła 12 km. Była to linia jednotorowa, na której ruch odbywał się wahadłowo. Ta druga w historii transportu linia kolei atmosferycznej była zarazem pierwszą, na której tłok holował wa-



Maszynista na linii Londyn – Croydon zakręca zawór uruchamiający hamulce. Aby zatrzymać pociąg musiał jeszcze inną dźwignią otworzyć przepust w tłoku, by umożliwić swobodny przepływ strumienia powietrza

Croydon Natural History and Scientific Society, South Croydon

gony w obu kierunkach. Tuba podzielona była na sekcje obsługiwane przez cztery silownie o mocy 75 kW każda.

Niewątpliwym osiągnięciem konstruktorów linii był drewniany wiadukt, którym atmosferyczny pociąg przecinał linię kolejową Brighton & Dover. Wiadukt ten uważany jest za pierwszą w świecie konstrukcję tego typu. Linia Londyn – Croydon była również doskonałym poligonem doświadczalnym. Połączenie obsługiwane częściowo przez lokomotywy parowe oraz kolej atmosferyczną zarządzane było przez jedną kompanię, co umożliwiało łatwe porównanie kosztów funkcjonowania obu systemów.

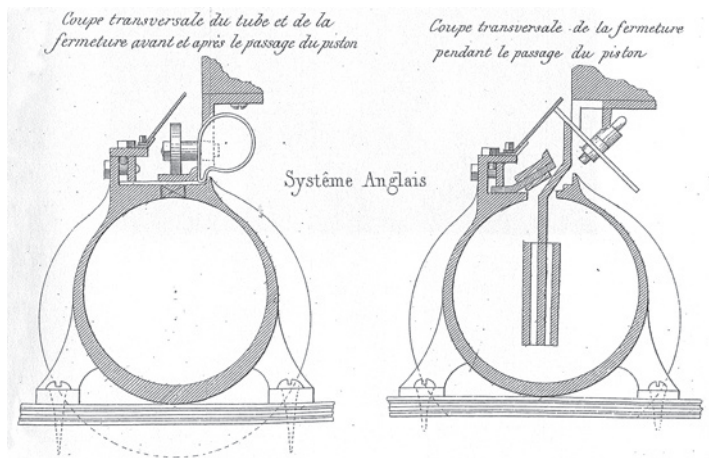
W trakcie pierwszych miesięcy eksploatacji dały jednak o sobie znać również nieoczekiwane wady systemu atmosferycznego i mniejsza od zakładanej wydajność. Przede wszystkim projektanci nie docenili natężenia ruchu na trasie łączącej Londyn z południowymi przedmieściami. Lokomotywy ciągnące zatłoczone wagony z London Bridge do stacji przesiadkowej New Cross pokonywały ten odcinek bez żadnego problemu. Tymczasem pociąg atmosferyczny odbierający pasażerów z New Cross miał często poważne trudności z dotarciem do Croydon. Zastosowana tuba o średnicy 38 cm oraz moc urządzeń ssących okazały się niewystarczające. Poważnym problemem była również wadliwa uszczelka, zastosowana po raz pierwszy na tej linii. W rzeczywistości okazało się, że zmodyfikowana uszczelka była bardziej zawodna niż oryginalna konstrukcja zastosowana w Dalkey.

South Devon

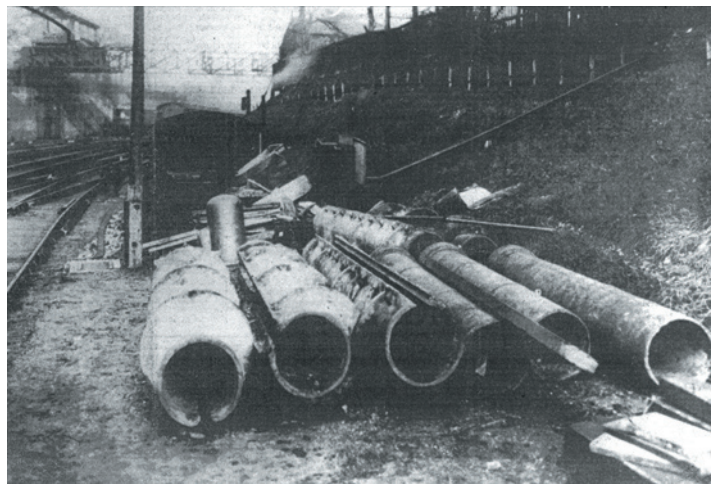
Gdy w maju 1844 r. ukończono budowę połączenia kolejowego z Bristolu do Exeter na południowym wybrzeżu Anglii, niezwykle wagi nabierała kwestia przedłużenia tej linii do portu Plymouth odległego od Exeter o około 80 km. Warunki terenowe na wytyczonej wstępnie trasie stanowiły prawdziwe wyzwanie dla ówczesnych inżynierów kolejowych. Linia miała biec wzdłuż wybrzeża morskiego, a potem przecinać pagórkowate obszary wschodniej Kornwalii. Na wzniesieniach występujących na 1/5 długości całej trasy inżynierowie South Devon Railway postulowali wykorzystanie wyciągów linowych wspomagających pracę lokomotyw.

W tych okolicznościach już w sierpniu 1844 r. Isambard Kingdom Brunel, jeden z najwybitniejszych inżynierów brytyjskich, zasugerował zastosowanie na całej trasie napędu atmosferycznego. Mimo, że ostatecznie tuby atmosferycznej nie doprowadzono do Plymouth, była to najdłuższa linia tego typu, jaka kiedykolwiek powstała. Jej długość przekraczała 32 km, a całość była obsługiwana przez 11 stacji pomp. Trakcję atmosferyczną uruchamiano stopniowo na kolejnych odcinkach trasy, ruch na pozostałym odcinku utrzymywały odpowiednio zmodyfikowane lokomotywy parowe. Wykorzystywano je również później jako rezerwowo źródło napędu w przypadku awarii systemu atmosferycznego.

Pierwszy pociąg o napędzie atmosferycznym ruszył w trasę 13 września 1847 r. Zarówno Samuda, jak i Brunel byli przekonani, że pojedyncza linia kolei atmosferycznej, a taką zastosowali na South Devon, będzie w stanie zastąpić dwutorową linię kolei parowej. Brunel początkowo zakładał zastosowanie tuby o średnicy 33 cm, jednak już w trakcie budowy linii zamieniono ją na rurę 38 cm. Kilka miesięcy później, gdy niedobory mocy dawały o sobie wyraźnie znać, przystąpiono do wymiany tuby na jeszcze większą o średnicy przekraczającej pół metra. Zastosowane pompy o mocy 63 KM każda przewidziane były do obsługi tuby o mniejszej średnicy, dlatego wkrótce okazało się, że nie zapew-



System opatentowany w 1839 r. przez Samuela Clegga i Jacoba Samudę z niewielkimi modyfikacjami został zastosowany na wszystkich czterech liniach kolei atmosferycznej
Institution of Civil Engineers, Londyn



Niewiele pozostało po tych kilku latach świetności kolei atmosferycznej. Elementy tuby trakcyjnej na stacji West Croydon wykopane zostały w 1933 r.

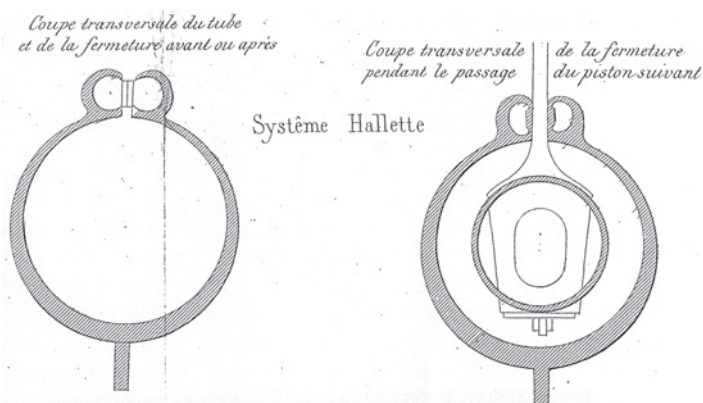
National Railway Museum, York

niają wystarczającego rezerwy mocy w przypadku większych obciążeń, szczególnie, że projektanci, podobnie jak w przypadku linii Londyn-Croydon, nie docenili wielkości ruchu na tej trasie. Inżynierowie starali się zaradzić tej sytuacji obniżając ciśnienie robocze w tubie. Podczas gdy na obu działających już liniach ciśnienie to wynosiło około 51 kPa, tu zmniejszono jego wartość do 34 kPa. Niestety, przyrost mocy był niższy od oczekiwanego, ponieważ, jak dowiedziono doświadczalnie, przy różnicy rzędu 50 kPa między ciśnieniem atmosferycznym a tym panującym we wnętrzu tuby następowało gwałtowne zwiększenie przecieków powietrza.

W trakcie eksploatacji linii South Devon ujawniły się również kolejne wady napędu atmosferycznego, które w znaczący sposób wpływały na spadek efektywności systemu. W porównaniu z dwoma pozostałymi liniami atmosferycznymi, uszczelka zastosowana na South Devon musiała być znacznie częściej wymieniana na nową. Jedną z przyczyn była szybsza korozja żelaznych płytek usztywniających oraz nitów łączących pasma skóry. Najprawdopodobniej było kilka przyczyn tego zjawiska, nie występującego w tej skali na innych liniach. Po raz pierwszy zastosowano nowy skład masy uszczelniającej – niektóre z jej składników mogły przyspieszyć proces korozji żelaza. Nie bez znaczenia był również

wpływ słonego środowiska morskiego, a także zamontowanie uszczelki, które niemal od dwóch lat były składowane na placu budowy.

Eksploatacja podczas pierwszego, a jak się niedługo okazało – ostatniego – sezonu zimowego tej linii, wykazała dużą zależność nieefektywności systemu od temperatury zewnętrznej. Mróz powodował sztywnienie skóry, niezbędna okazała się przy tym wymiana masy uszczelniającej na zimową. Z kolei w lecie upały powodowały wysychanie i pęknięcie skórzanej uszczelki. Obsługa techniczna linii starała się podnieść wilgotność we wnętrzu tuby wtlaczając przez nawiercone otwory wodę. Z kolei jesienią i wiosną problemem był również nadmiar wody opadowej gromadzącej się w zagłębieniu uformowanym wokół szczeliny w górnej części tuby. Woda, która przez nieszczelności dostawała się do wnętrza tuby, musiała być zeń usuwana każdego ranka przed wznowieniem normalnej eksploatacji. Do tego celu wykorzystywano specjalny wagon pilotujący. Jego tłok usuwał wodę oraz zanieczyszczenia stałe jak piasek i odłamki skalne, które również przedostawały się do wnętrza tuby. Do legendy przeszły też relacje o wymiatanych z tuby szcurkach, które skuszone stosowanym do uszczelniania fojmem, żerowały na skórzanej uszczelce przyczyniając się jeszcze bardziej do jej degradacji.



W uszczelce, jaką opatentował w 1844 r. francuski inżynier Hallette, wielu francuskich inżynierów pokładało wielkie nadzieje. Ostatecznie jednak na linii Le Pecq – Saint Germain zastosowano system angielski *Institution of Civil Engineers, Londyn*



We wrześniu 1858 r. rozpędzony pociąg atmosferyczny staranował lokomotywę oczekującą na stacji Le Pecq, powodując kilka ofiar śmiertelnych; dwa lata później na linii tej kursowały już parowozy *Société d'Histoire de Nanterre*

Ostatecznie koszty funkcjonowania pociągu atmosferycznego na linii South Devon okazały się wyższe niż trakcji parowej w podobnych warunkach, dlatego też we wrześniu 1848 r., niecały rok po jej uruchomieniu, kierownictwo kompanii zdecydowało o zastosowaniu parowozów na całej trasie.

Saint Germain

Jedyna poza Wyspami Brytyjskimi linia kolei atmosferycznej powstała pod Paryżem. Francuscy inżynierowie od początku interesowali się nowym systemem. Znamienne, że swój pierwszy zakończony powodzeniem eksperyment Samuel Clegg i Jacob Samuda przeprowadzili właśnie we francuskim Challiot w 1838 r. W testach towarzyszył niejaki James Bonfil, który rok później uzyskał w ich imieniu francuski patent na system kolei atmosferycznej, wcześniejszy zresztą o kilka dni od patentu, jaki obaj inżynierowie uzyskali w swojej ojczyźnie. Jak wiele innych europejskich krajów, tak i rząd francuski interesował się wynikami późniejszych prób systemu atmosferycznego w Wormwood Scrubs. Wystannik Ministerstwa Robót Publicznych, inżynier Teisserenc, złożył po powrocie do kraju niezwykle przychylny raport, który wywarł duży wpływ na wzrost zainteresowania tym potencjalnym źródłem napędu we Francji. Wymiernym efektem ożywionego ruchu wynalazczego w tej dziedzinie było opracowanie wielu alternatywnych rozwiązań. W latach 1844–1846 usprawnienia w systemie atmosferycznym stanowiły zdecydowaną większość wśród wszystkich innowacji związanych z kolejnictwem patentowanych we Francji.

Jednym z francuskich rozwiązań, które rodziło najwięcej nadziei, była uszczelka jaką opatentował Hallette, znany inżynier z Arras. System francuski, jak go nazwano, oferował niemal całkowitą szczelność. Do zamknięcia podłużnej szczeliny Hallette zastosował dwa węże gumowe wypełnione sprężonym powietrzem, dzięki czemu przylegały ściśle do siebie niezależnie od różnicy ciśnień między wnętrzem tuby i środowiskiem zewnętrznym. Interesujące, że o pierwszeństwo do tego wynalazku rościł pretensje polski emigrant i wynalazca, generał Henryk Dembiński.

Dyskusji nad zasadnością budowy kolei atmosferycznej we Francji towarzyszyła ożywiona debata nad tym, czy powinien być zastosowany sprawdzony system Clegga i Samudy, czy też Francuzi powinni wypróbować jedno ze swoich oryginalnych rozwiązań. Mimo szerokiego poparcia dla drugiej opcji zdecydowano ostatecznie, że pierwsza subsydiowana przez rząd linia kolei atmosferycznej powstanie na podstawie patentu Anglików. Do rozstrzygnięcia pozostała jeszcze kwestia trasy, na jakiej miała ona powstać. Spośród kilku lokalizacji wybrano linię obsługiwaną przez kompanię kolejową Paryż – Saint Germain. Była to pierwsza francuska linia kolejowa, która w 1837 r. połączyła stolicę kraju z Le Pecq leżącym u podnóża wzniesienia Saint Germain. Na ostatnim, zbyt stromym jak na możliwości ówczesnych parowozów odcinku, kompania utrzymywała komunikację omnibusową. Była to więc wymarzona okazja dla zwolenników systemu atmosferycznego, a także dla kompanii kolejowej aby wypełnić warunki kontraktu sprzed dziesięciu lat. Projektanci zakładali zastąpienie części działającej już trakcji parowej. W sumie napęd atmosferyczny miał obsługiwać trasę o całkowitej długości 9 km.

Ostatecznie 24 kwietnia 1847 r. otwarto jedynie pierwszy fragment projektowanej trasy, liczące nieco ponad 2 km połączenie z Le Pecq na sam szczyt wzniesienia Saint Germain. Nachylenie sięgające miejscami 3,45% wymagało zastosowania urządzeń o niespotykanych dotychczas parametrach. Tuba o śred-

nicy 66 cm znacznie przekraczała wszystkie dotychczas wykorzystywane w Wielkiej Brytanii, podobnie jak stacja pomp o mocy 300 KM zbudowana na szczycie wzniesienia w Saint Germain. Koszt budowy tej linii osiągnął 6 mln franków i trzykrotnie przekroczył wielkość przyznanego wsparcia rządowego oraz subsydium przyznanego przez władze miejskie Saint Germain, zainteresowanego szybką budową połączenia z metropolią. Jednym z powodów tak znacznego wzrostu kosztów była decyzja budowy znacznie solidniejszego, niż to wynikało z założeń projektowych, wiaduktu kolejowego nad doliną Sekwany. Tymczasem twierdzenie o dopuszczalności stosowania lżejszych konstrukcji nośnych było jednym z podstawowych argumentów zwolenników systemu atmosferycznego. Przecież pozbawione lokomotyw i zapasu paliwa pociągi były znacznie lżejsze niż składy w tradycyjnym systemie.

Kierujący pracami inżynier Eugene Flachot zdecydował się zbudować solidniejszy wiadukt, by w przypadku trudności w funkcjonowaniu systemu atmosferycznego konstrukcja mogła być wykorzystana przez zwykłą kolej parową. Poza tym, jeszcze w trakcie budowy linii w 1844 r., ten wybitny francuski inżynier skonstruował sześciokołową lokomotywę *L'Hercule*, zdolną pokonać wzniesienie Saint Germain. Pretekstem była potrzeba wykorzystania wydajniejszego środka transportu materiałów budowlanych na miejsce budowy. To niewątpliwie osiągnięcie techniki kolejowej podważyło kolejne twierdzenie zwolenników napędu atmosferycznego o tym, że system ten jest niezastąpiony na stromych stokach. Na linii Le Pecq – Saint Germain, podobnie jak w przypadku linii irlandzkiej, napęd atmosferyczny był wykorzystywany tylko do wciągania składu wagonów w jednym kierunku, pod górę. Bezpieczeństwo pasażerów podróżujących pociągiem zjeżdżającym swobodnie ze stromego wzniesienia zależało wyłącznie od sprawności układu hamulcowego. O wadach takiego rozwiązania boleśnie przekonano się 6 września 1858 r., gdy pociąg atmosferyczny staranował skład wagonów oczekujący na pasażerów na dolnej stacji przesiadkowej w Le Pecq. Katastrofa ta była jednym z bezpośrednich powodów decyzji o zastąpieniu trakcją parową tej, ostatniej już wówczas na świecie, linii kolei atmosferycznej.

Epilog

Niedoskonałość uszczelki, na której skupiała się uwaga większości ówczesnych wynalazców, była tylko jedną z przyczyn porażki napędu atmosferycznego. Niska efektywność systemu wynikała przede wszystkim z ograniczeń zastosowanych technologii i przyjętego schematu funkcjonowania linii atmosferycznej. Siłownie, pracujące w efektywny sposób zaledwie przez kilka minut w ciągu godziny, musiały być utrzymywane cały czas pod parą. Powodowało to znaczny wzrost kosztów eksploatacji linii, a w efekcie spadek konkurencyjności wobec dominującego systemu parowego.



Wiadukt na linii Le Pecq – Saint Germain, który dla jedynej francuskiej linii atmosferycznej zbudował Eugene Flachot, do dziś służy paryskiej kolejce podmiejskiej RER
Fot. S. Łotysz 2002

System atmosferyczny, pierwszy zrealizowany w praktyce pomysł na zdalne zasilanie pociągów, był odpowiedzią na niedoskonałości trakcji parowej w połowie XIX w. Tymczasem dalszy rozwój techniki kolejowej pozwolił na znacząco poprawę parametrów trakcyjnych parowozów, przy jednoczesnym zwiększeniu poziomu bezpieczeństwa podróży. Zmodyfikowane lokomotywy były w stanie pokonywać wzniesienia niedostępne dla starszych modeli jeszcze kilka lat wcześniej, podważając tym samym rację bytu kolei atmosferycznej.

Kilka lat starań całych zastępów wybitnych inżynierów, jak Samuda, Cubitt czy Brunel dowiodły technicznej wykonalności, podanej przez Medhursta na początku XIX w., idei pociągu pneumatycznego. Jednak sama możliwość technicznej realizacji jakiegokolwiek pomysłu nie jest warunkiem wystarczającym do jego praktycznego zastosowania. Wdrożenie systemu transportowego w szerszej skali zależy również od wielu innych czynników, przede wszystkim ekonomicznych, ale także politycznych, a nawet osobistych, jak dowodzą tego dzieje kolei atmosferycznej.

Po zamknięciu wszystkich czterech linii kolei atmosferycznej koncepcja wykorzystania powietrza jako czynnika roboczego na trakcji kolejowej powracała jeszcze wielokrotnie. W latach 60. XIX w. w kilku miastach podejmowano próby budowy szybkiej kolei miejskiej w oparciu o tzw. system pneumatyczny, w którym cylindryczne pociągi miały poruszać się całym przekrojem podziemnych tuneli. Przez kolejne stulecie w wielu miastach funkcjonowała również poczta pneumatyczna, będąca w istocie miniaturą takiego, nigdy nie zrealizowanego, metra. Licząca bez mała 200 lat koncepcja George'a Medhursta, okazuje się jednak być ciągle aktualna w epoce pociągów TGV i Maglev. Idea napędu pneuma-

Podstawowe dane wszystkich linii kolei atmosferycznej jakie zostały oddane do użytku

Linia	Trasa	Długość	Otwarta	Zamknięta	Inżynier budowy
Dublin & Kingstown Railway	Kingston – Dalkey (dziś Dun Laoghaire)	2,8 km	29.03.1844 r.	12.04.1854 r.	Charles Vignoles
London & Croydon Railway	Dartmouth Arras – Croydon	12,1 km	19.01.1846 r.	3.05.1847 r.	William Cubitt
South Devon Railway Company	Exeter St. Davis – Teignmouth	32,4 km	13.09.1847 r.	5.09.1848 r.	Isambard Kingdom Brunel
Compaigne du Chemin de Fer de Paris a Saint Germain	Le Pecq – Saint Germain	2,0 km	24.04.1847 r.	2.07.1860 r.	Eugene Flachot

Opracowanie: S. Łotysz

tycznego powracała kilkakrotnie w latach 60. i 90. ostatniego stulecia. Na dwóch eksperymentalnych liniach w Brazylii i Indonezji pojawiły się nowoczesne i bezszelestne pojazdy wykorzystujące tę samą zasadę działania co ostatni pociąg atmosferyczny pokonujący wzniesienie Saint Germain ponad 150 lat temu.



Literatura

- [1] Bordas C., Gayda M.: *De Saint-Germain en Laye à Marne-la-Vallée*. Valignat 1992.
- [2] Buchanan R. A.: *The atmospheric railway of I.K. Brunel* (w): *Social studies of science* 2/1992.
- [3] *Centenary of the Dublin and Kingstown Railway* (w): *The Locomotive* 15/2/1935.
- [4] Carriere B.: *Le chemin de fer atmosphérique, une expérience sans lendemain* (w): *Rail Passion* 1/9/1996 r.
- [5] Clegg S.: *Clegg's Patent Atmospheric Railway*. Londyn 1839.
- [6] *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*. Institut de France, 1838—1855.
- [7] Figuier L.: *L'année scientifique et industrielle ou Exposé annuel des travaux scientifiques, des inventions et des principales applications de la science à l'industrie et aux arts...* Paryż 1862.
- [8] Hadfield C.: *Atmospheric Railways: A Victorian Venture in Silent Speed*. Newton Abbot 1967.
- [9] Jones W.: *A popular sketch of the various proposed systems of Atmospheric Railway...* Londyn 1845.
- [10] Medhurst G.: *Calculations and remarks, tending to prove the practicability...of a plan for the rapid conveyance of goods and passengers... by the power and velocity of air*. Londyn 1812.
- [11] Medhurst G.: *A New System of inland Conveyance for Goods and Passengers... without the aid of Horses or any Animal Power*. Londyn 1827.
- [12] *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. Londyn 1844-1848.
- [13] Murray K. A.: *Ireland's First Railway*. Dublin 1981.
- [14] Lindner H.: *Der vergessene Zug der Zeit: die atmosphärische Eisenbahn von Samuel Clegg und Jacob Samuda* (w): *Kultur und Technik* 2/1991.
- [15] de Vilback R.: *Chemins de fer atmosphériques*. *Moniteur Industriel* 7-9/1844, 11/1844.

Autor

Sławomir Łotysz – pracownik naukowy
Uniwersytetu Zielonogórskiego,
doktorant w Instytucie Historii Nauki PAN

VII Międzynarodowa Konferencja MET 2005

Nowoczesna Trakcja Elektryczna w zintegrowanej Europie XXI w.

Warszawa, 29 września – 1 października 2005 r.

Organizatorzy

- Centrum Doskonałości – Ekologiczne i Wysokosprawne Systemy Elektromechanicznego Przetwarzania Energii w ramach V Programu Ramowego UE przy Instytucie Maszyn Elektrycznych PW i Zakład Trakcji Elektrycznej Politechniki Warszawskiej
- Polska Akademia Nauk – Komitet Elektrotechniki Sekcja Trakcji Elektrycznej
- IEE – Sekcja Polska - Oddział Warszawski
- Instytut Elektrotechniki Warszawa

Adres sekretariatu MET '2005

Instytut Maszyn Elektrycznych, Zakład Trakcji Elektrycznej
00-661 Warszawa, Plac Politechniki 1
tel. (22) 660 77 09; 660 76 16; 660 75 51 fax (22) 660 75 51; 62 99 817
e-mail: aszelag@nov.iem.pw.edu.pl
<http://ztu.ime.pw.edu.pl>