

Chłodzenie spalin w górniczych napędach spalinowych dla kopalń węgla kamiennego

mgr inż. Hubert Suffner
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Cooling systems for exhaust gases of mine diesel drives intended for hard coal mines

Streszczenie:

Wymóg ograniczenia temperatury zespołów napędu spalinowego wynika zarówno z zaleceń producenta napędu, jak i przepisów górniczych. W artykule przedstawiono rozwój układów chłodzenia spalin w napędach podziemnych maszyn górniczych wykorzystywanych w kopalniach węgla kamiennego. Omówiono aktualne tendencje w tym zakresie oraz działania ITG KOMAG.

Słowa kluczowe: górnictwo, napęd spalinowy, chłodzenie

Keywords: mining industry, diesel drive, cooling systems

Abstract:

The requirement of limiting temperature in diesel drive unit results both from the manufacturer recommendations as well as from mining regulations. Progress in development of exhaust gases cooling systems for drives of underground mining machines operated in hard coal mines is presented. The present development trends in this area as well as KOMAG's actions are discussed.

1. Wprowadzenie

Wykorzystanie napędów spalinowych w transporcie kopalnianym jest szeroko rozpowszechnione zarówno w kopalniach węgla kamiennego, jak i rud metali oraz innych kopalni. Istotą pracy maszyny cieplnej, jakim jest tłokowy silnik spalinowy, jest zamiana energii cieplnej w energię mechaniczną. Niestety tylko część dostarczonej energii cieplnej zostaje zamieniona w pracę, natomiast znaczna część jest przekazywana do otoczenia. W napędach spalinowych pracujących w ograniczonej przestrzeni, jaką jest podziemne wyrobisko górnicze, sposób przekazywania ciepła do otoczenia ma zasadnicze znaczenie. Z jednej strony zespoły napędu spalinowego muszą być chłodzone tak, aby ich temperatura nie przekroczyła granicznych wartości założonych przez ich producenta i jednocześnie nie osiągnęła granicznych wartości narzuconych przepisami górniczymi. Z drugiej strony temperatura panująca w wyrobiskach kopalnianych jest z reguły dosyć wysoka dochodząc niejednokrotnie do 28°C i dalsze jej podwyższanie jest niewskazane, albowiem pogarsza komfort pracy załogi. Jednocześnie, wysoka temperatura otoczenia stwarza problemy techniczne z przekazywaniem ciepła z napędu spalinowego do otaczającej go atmosfery.

Wymóg stosowania maszyn z napędami spalinowymi budowy przeciwwybuchowej z ograniczoną temperaturą powierzchni, do których dostęp ma atmosfera kopalniana zawierająca palny pył, zawarty jest w obowiązujących przepisach między innymi w normie [7] i rozporządzeniu [9].

W niniejszym artykule przedstawiono rozwój układów schładzania spalin napędów spalinowych oraz aktualne kierunki działań w tym zakresie. W rozważaniach tych pominięto wpływ substancji toksycznych wytwarzanych w trakcie pracy napędu spalinowego na skład atmosfery kopalnianej.

2. Bilans cieplny silnika spalinowego

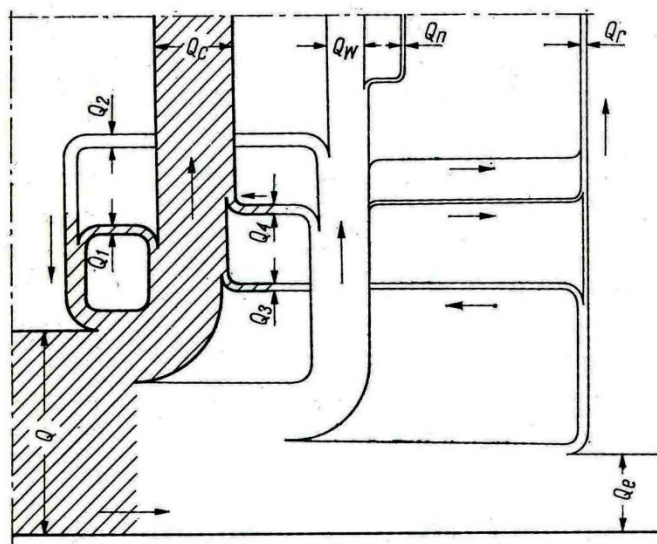
Zagadnienie bilansu cieplnego silników spalinowych omówiono w wielu publikacjach fachowych, między innymi w pozycji literaturowej [6], gdzie zobrazowano rozptył energii cieplnej w silniku tzw. wykres Sankeya pokazany na rysunku 1.

Jeżeli, przez $Q = 100\%$ oznaczona zostanie cała ilość energii dostarczonej do silnika wraz z paliwem i powietrzem, to bilans wewnętrzny silnika przedstawia się następująco:

$$Q = Q_e + Q_c + (Q_w + Q_n) + Q_r$$

gdzie:

- Q_e - energia zamieniona na pracę efektywną [%]
- Q_c - energia odprowadzona z układem chłodzenia przez chłodziwo i olej smarujący [%]
- $Q_w + Q_n$ - strata wylotowa i niepełnego spalania [%]
- Q_r - straty promieniowania [%]



Rys. 1. Bilans cieplny silnika spalinowego [6]

Na rysunku 1 pokazano wewnętrzny przepływ ciepła w silniku, gdzie:

- Q_1, Q_2 - podgrzewanie świeżej mieszanki przez chłodziwo i spaliny,
- Q_3, Q_4 - podgrzewanie chłodziwa (wody lub oleju), wskutek działania sił tarcia i przepływu wokół kanału wylotowego.

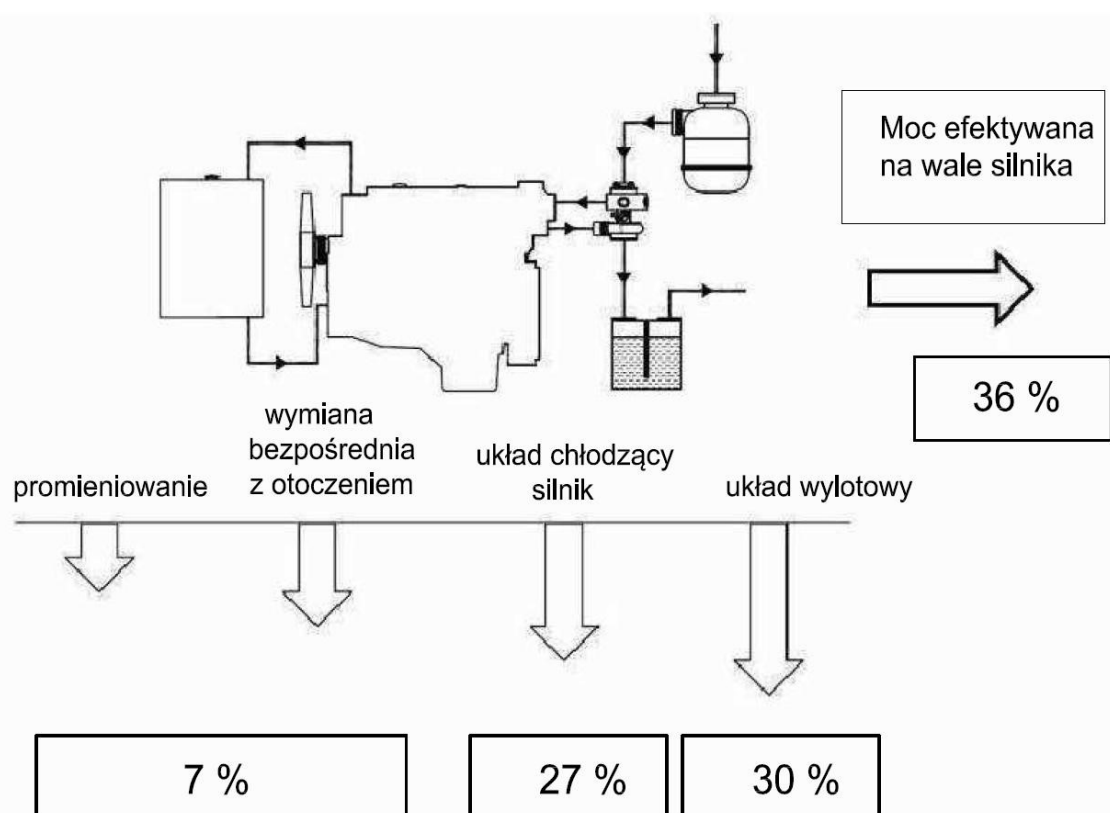
Przybliżone dane liczbowe bilansu zewnętrznego zawarte w [6] podano w tabeli 1.

Przybliżony bilans wewnętrzny silnika z zapłonem iskrowym **ZI** i samoczynnym **ZS** [6]

Tabela 1

Pozycja	Silniki ZI	Silniki	
		ZS bez doładowania	ZS z doładowaniem
Q_c [%]	21÷28	30÷42	30÷46
Q_w [%]	30÷40	26÷42	26÷36
Q_c [%]	18÷30	20÷35	18÷32

Na rysunku 2 zobrazowano przybliżony rozkład mocy w silniku spalinowym.



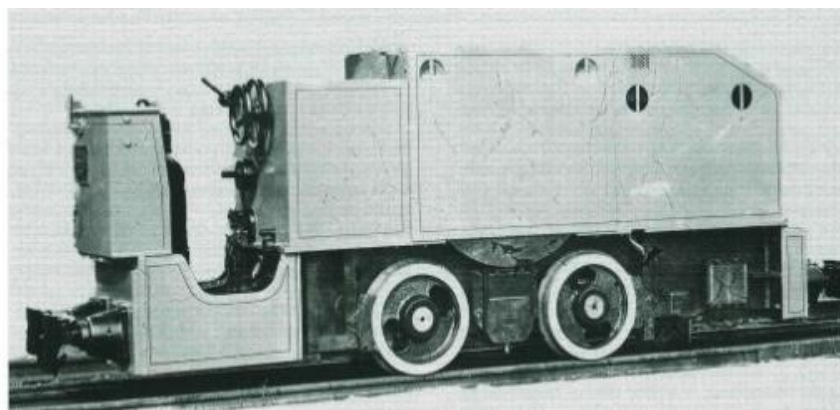
Rys. 2. Rozkład mocy silnika spalinowego [1, 11]

Jak wynika z tabeli 1 i rysunków 1 i 2, ilość energii (mocy) odprowadzanej przez układ wylotowy jest zbliżona do ilości energii (mocy) użytecznej silnika.

Rozwiązanie konstrukcyjne oraz wielkość mocy pobieranej przez układ chłodzenia spalin jest zatem porównywalny z układem chłodzenia silnika. Zależności te uwzględniane są przy projektowaniu układu wylotu spalin, zwłaszcza w aspekcie ich chłodzenia. Sprawne odprowadzanie ciepła spalin do otoczenia ma szczególne znaczenie zwłaszcza w napędach spalinowych pracujących w kopalniach węgla kamiennego, gdzie z uwagi na możliwość zapalenia pyłu węglowego ograniczona jest przepisami temperatura nagrzewających się powierzchni [7, 9].

3. Rozwój napędów spalinowych przeznaczonych do pracy w kopalniach węgla

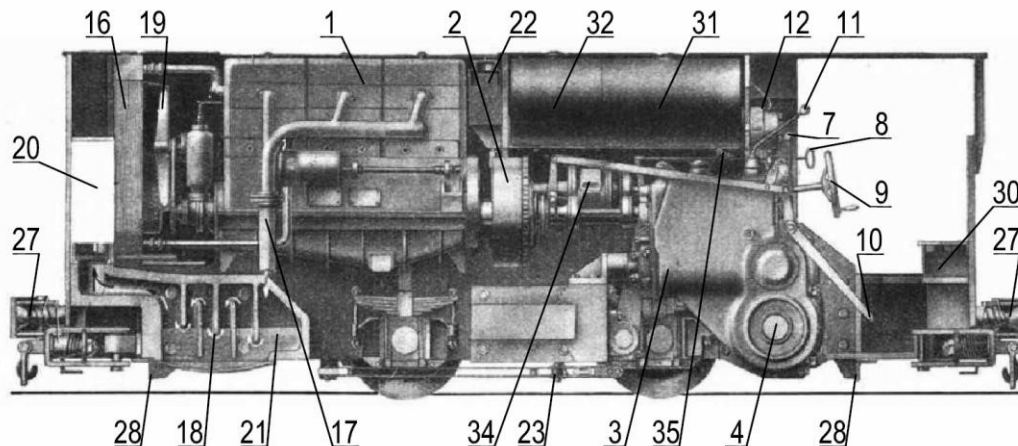
W pierwszej połowie XIX wieku w Anglii podjęto pierwsze próby zastosowania lokomotyw z silnikami cieplnymi w transporcie kopalnianym [3]. Lokomotywy te, wyposażone w zwykłe palenisko węglowe, nie dawały jednak zadowalających rezultatów – duże ilości wydzielanej pary i dymu utrudniały wentylację wyrobisk. Dodatkowo, ze względu na osadzanie się tłustej sadzy na szynach, powszechnie występowało zjawisko poślizgu kół. Rozwijający się przemysł pojazdów samochodowych z silnikami benzynowymi umożliwił zastosowanie ich w lokomotywach kopalnianych. Lokomotywy benzolowe od początku XX wieku były wdrażane w kopalniach węgla kamiennego m.in. w kopalniach wałbrzyskich i śląskich. Na rysunku 3 przedstawiono przykładowe rozwiązanie polskiej lokomotywy kopalnianej z napędem benzolowym, typu 2DK zbudowanej w 1932 roku dla KWK Brzeszcze [8].



Rys. 3. Lokomotywa spalinowa typu 2DK zasilana benzolem [8]

Wadą tego rozwiązania było wydzielanie toksycznych spalin do atmosfery kopalnianej oraz zagrożenie wybuchem benzolu, co zdecydowało o zaprzestaniu prac nad tego typu rozwiązaniem.

Przełomem w rozwoju górniczych napędów spalinowych było skonstruowanie w 1897 roku silnika z zapłonem samoczynnym, zwanego silnikiem wysokoprężnym lub silnikiem Diesla. Opracowanie układu wylotu spalin z tzw. płuczką wodną umożliwiło uruchomienie w Wielkiej Brytanii produkcji pierwszych lokomotyw dołowych z silnikiem o mocy 22 kW [3]. Przykładowe rozwiązanie lokomotywy z silnikiem wysokoprężnym (z okresu międzywojennego) przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Lokomotywa spalinowa z silnikiem wysokoprężnym firmy Klöckner-Humboldt-Deutz [4]

1 - silnik, 2 – koło zamachowe z wbudowanym sprzęgłem ciernym, 3 - przekładnia, 4 – wał pośredni z korba napędową, 7 – dźwignia wyboru kierunku jazdy, 8 – dźwignia rozruchu pneumatycznego, 9 - koło hamulca ręcznego, 10 - odłącznik sprzęgła, 11 – dźwignia przełączania biegów, 12 – zbiornik powietrza sprężonego - sprężarka, 16 – chłodnica, 17 – przewód wylotowy spalin, 18 - tłumik, 19 – wentylator, 20 – rozrzedzacz spalin (powietrzem z wentylatora), 21 – płuczka wodna spalin, 22 – piasecznica, 23 – rura wylotowa piasku, 27 – urządzenie zderzakowo-pociągowe, 28 - zgarniacz, 30 – fotel operatora, 31 – zbiornik paliwa, 32 – zbiornik wody chłodzącej spalinę, 34 – rozrusznik pneumatyczny, 35 – zawór odcinający spalinę

W lokomotywie tej zastosowano układ chłodzenia spalin z płuczka wodną w formie skrzyni wypełnionej wodą. Spaliny z silnika kierowane były do płuczki wodnej zespołem rur, a stamtąd, po przejściu przez kąpiel wodną, dalej rurami do tłumika hałasu i na zewnątrz do atmosfery. Płuczka wodna spełniała dwie role: chłodnicy spalin i przerywacza płomienia (iskrochronu).

Dalszy rozwój napędów spalinowych bazował na powyższym rozwiązaniu, zmieniano jedynie komponenty i szczegóły rozwiązań konstrukcyjnych tak, aby spełnić wymagania obowiązujących przepisów.

4. Układy chłodzenia spalin opracowane w ITG KOMAG

Pierwsze prace dotyczące zastosowania silnika spalinowego do dołowej maszyny mobilnej, prowadzono w KOMAG-u (w byłych Zakładach Konstrukcyjno-Mechanizacyjnych Przemysłu Węglowego), zaowocowały opracowaniem w latach sześćdziesiątych XX wieku, kopalnianego ciągnika spalinowego KCS KOCUR pokazanego na rysunku 5 [2], przeznaczonego do eksploatacji w kopalniach niegazowych. Następnie opracowano rozwiązanie przeciwwybuchowe, o symbolu KOCUR BM, z przystosowanym do pracy w wyrobiskach potencjalnie zagrożonych wybuchem. Układ wylotowy ciągnika wyposażono w chłodzony wodą kolektor wylotowy spalin silnika.

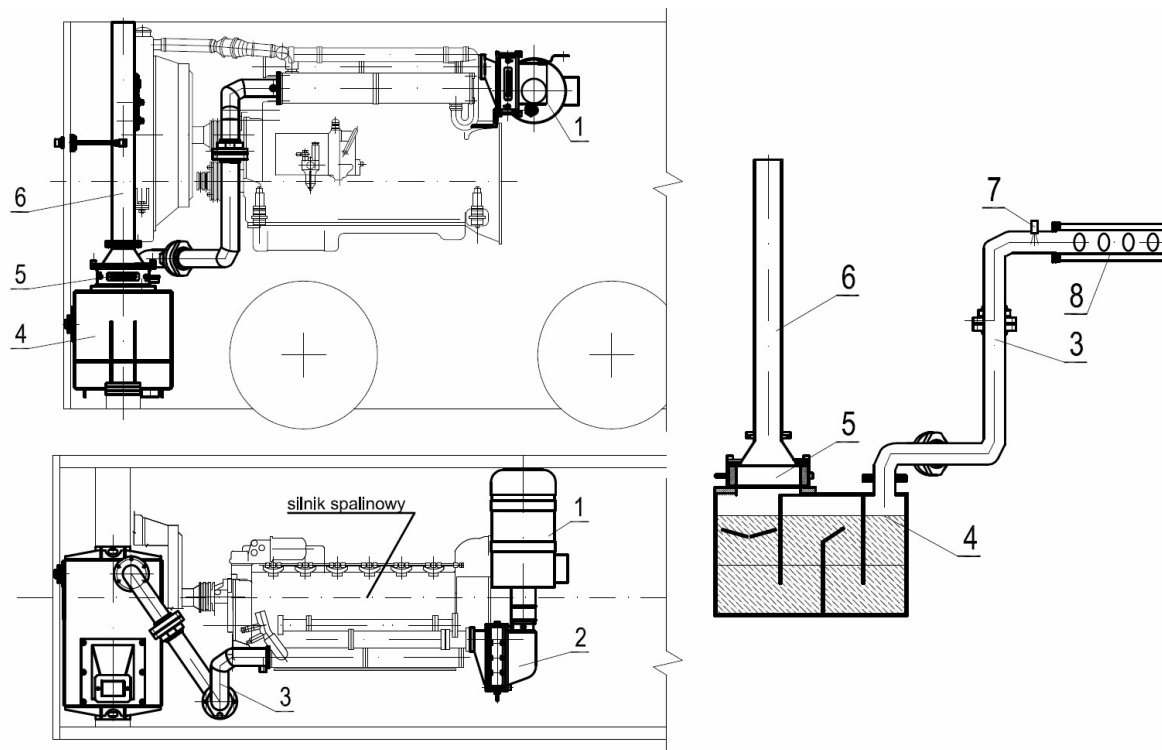
Z uwagi na problem z poruszaniem się ciągnika w wyrobiskach z zabudowanym torowiskiem szynowym oraz zdolność pokonywania tylko niewielkich nachyleń, zaniechano dalszych prac.



Rys. 5. Widok kopalnianego ciągnika spalinowego KCS KOCUR [1]

Doświadczenia uzyskane w trakcie projektowania, budowy i eksploatacji ciągnika KOCUR oraz analiza techniczna rozwiązań opracowanych za granicą głównie w CSRS i RFN, wykorzystano przy prowadzonych w latach 70-tych XX wieku pracach nad lokomotywą Lds-70 i Lds-100. Obowiązujące wówczas przepisy wymagały zabudowy przeciwwybuchowego układu wylotowego, w którym jednocześnie prowadzone byłoby schładzanie spalin.

Na potrzeby lokomotywy Lds-100 opracowano innowacyjne rozwiązanie układu dolotowo-wylotowego (dolotu powietrza do silnika i wylotu spalin), wyposażonego w przerywacze płomienia. Szkic tego układu pokazano na rysunku 6.



Rys. 6. Układ dolotowo-wylotowy lokomotywy Lds-100 [opracowanie własne]

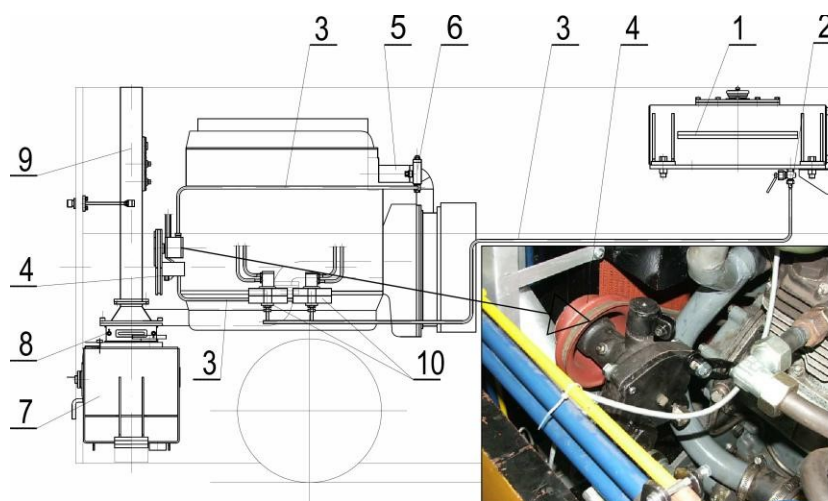
- 1 – filtr powietrza, 2- dolotowy przerywacz płomienia, 3 – przewód wylotu spalin,
 4 – płuczka wodna spalin, 5 – wylotowy przerywacz płomienia, 6 – kominek wylotowy,
 7 – układ wtrysku wody, 8- kolektor wylotowy silnika

Do napędu lokomotywy zastosowano silnik SW 400 produkcji WSW Andoria. W wersji handlowej nie spełniał on jednak wymogów pracy w warunkach zagrożenia wybuchem gazu lub/i pyłu. Dotyczyło to między innymi jakości spalin oraz wymogu utrzymania granicznej temperatury wszystkich jego powierzchni. Przekroczenie temperatury granicznej występowało głównie na powierzchni kolektora wylotowego silnika, przez który przepływały gorące spaliny wprost z jego komór spalania. Obniżenie temperatury tego zespołu osiągnięto przez zastosowanie specjalnie opracowanego kolektora wylotowego silnika z układem chłodzącym, zabudowanym na kadłubie silnika, w miejscu kolektora standardowego, co pokazano na rysunku 7. Przez podwójne ścianki kolektora przepływała ciecz (płyn chłodzący), która chłodziła zespoły silnika oraz spaliny w kolektorze wylotowym. Ciecz była następnie kierowana do chłodnicy powietrzno-wodnej silnika.



Rys. 7. Kolektor wylotowy chłodzony wodą [5]

Dalszy proces schładzania spalin prowadzono w przewodzie wylotowym, poprzez wtryskiwanie do strumienia spalin wody chłodzącej. Ostateczny i końcowy proces chłodzenia realizowano w płuczce wodnej spalin. Szkic układu wtrysku wody pokazano na rysunku 8.



Rys. 8. Układ wtrysku wody chłodzącej spalin [opracowanie własne]

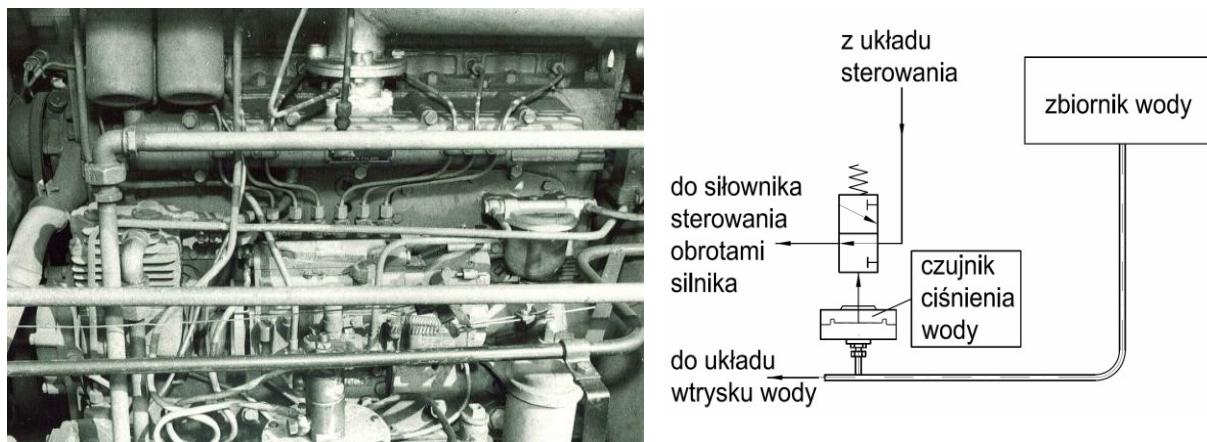
- 1 - zbiornik wody, 2- zawór odcinający wodę, 3 - przewód doprowadzający wodę, 4 - pompa wody,
 5 - przewód wylotowy spalin, 6 - wtrysk wody, 7 - płuczka wodna, 8 - przerywacz płomieni,
 9 - wylot spalin, 10 - zespół zabezpieczający w przypadku braku wody

Z uwagi na fakt, że w procesie schładzania spalin wykorzystywano zjawisko zmiany stanu skupienia wody tj. przejścia ze stanu płynnego w gazowy, w trakcie jej ogrzewania (pobierania ciepła ze spalin) i uchodzenia powstałej pary wraz ze spalinami, koniecznym było okresowe uzupełnianie wody w zbiorniku i płuczce wodnej spalin. Brak wody w układzie schładzania spalin mógłby doprowadzić do nadmiernego wzrostu temperatury elementów układu wylotowego. Aby temu zapobiec, lokomotywę Lds-100 wyposażono w układ kontroli obecności (dostępności) wody chłodzącej spaliny, będący częścią układu zabezpieczającego.

W układzie tym zastosowano autorskie rozwiązanie, powodujące wyłączenia silnika w przypadku braku wody chłodzącej spaliny. Schemat układu wtrysku wody wraz z układem zabezpieczającym pokazano na rysunku 8.

Strumień wody płynącej ze zbiornika (1) do pompy (4), przepływał przez czujnik ciśnienia zespołu zabezpieczającego (10). W czujniku tym zabudowane były elastyczne membrany, z zamocowanymi zderzakami sterującymi przepływem powietrza, w specjalnych zaworach odcinających. Wytworzony w przewodach (3) słup wody powodował otwarcie przepływu powietrza sterującego w zaworach odcinających. Brak wody powodował zamknięcie dopływu powietrza do cylindra sterującego prędkością obrotową silnika spalinowego oraz odpowietrzenie jego części wykonawczej, co w efekcie prowadziło do zatrzymania pracy silnika spalinowego.

Na rysunku 9 pokazano fragment zabudowy ww. układu w lokomotywie Lds-100, jest to wersja pierwotna z jednym czujnikiem kontroli poziomu wody w układzie zabezpieczającym. Zadziałanie tego układu powodowało odcięcie dopływu powietrza jedynie do części siłownika sterowania obrotami silnika. Ostatecznie zabudowano dwa układy: jeden dla części układu sterowania odpowiedzialnej za obroty robocze silnika i drugi do części sterującej prędkością obrotową biegu jałowego i zatrzymującą pracę silnika.



Rys. 9. Zabudowa czujnika kontroli poziomu wody chłodzącej spaliny [opracowanie własne]

Do obniżenia temperatury spalin, oprócz układu wtrysku wody, przeznaczona była również płuczka wodna spalin, pełniąca też funkcję pierwotnego przerywacza płomienia. Szkic płuczki wodnej spalin i przerywacza pokazano na rysunku 10. Osobny, wylotowy przerywacz płomienia zabudowany był na korpusie płuczki. Jego funkcją, oprócz zapobiegania wydostaniu się do strefy zagrożonej płomienia lub iskry zdolnej wywołać

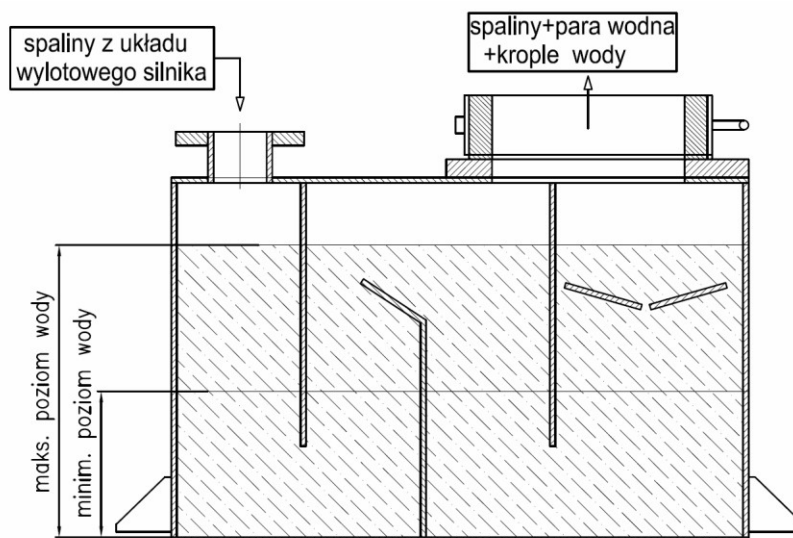
zapłon, było również ograniczenie wydmuchiwania wody z płuczki przez wypływające spaliny. W zależności od intensywności eksploatacji lokomotywy konieczne było jedno lub dwukrotne uzupełnianie wody w płuczce spalin w trakcie jednej zmiany.



Rys. 10. Płuczka wodna spalin z przerywaczem [opracowanie własne]

1 – przewód wylotu spalin z silnika, 2- płuczka spalin, 3 – obudowa przerywacza, 4 – przerywacz wylotowy

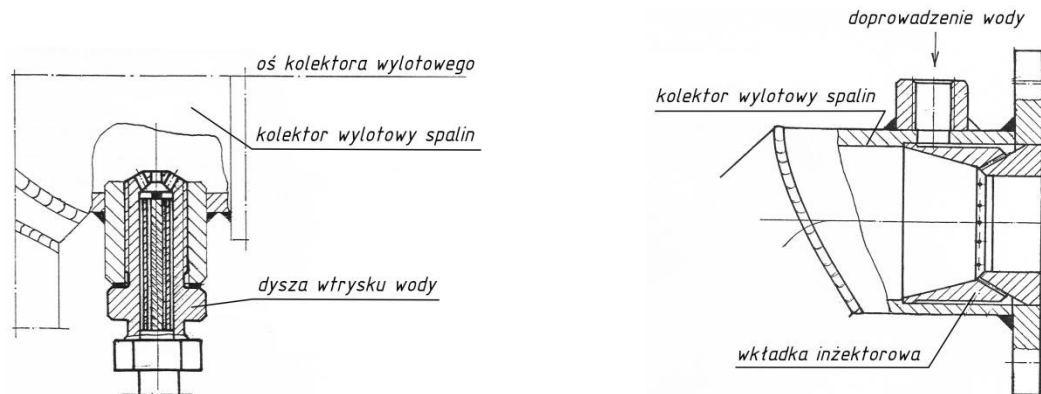
Prosta konstrukcja skrzyni płuczki powodowała, że spaliny, zwłaszcza przy intensywnej pracy silnika, pomimo zabudowanego przerywacza, powodowały nadmierne wyrzucanie wody z płuczki. Aby temu zapobiec wprowadzono w skrzyni płuczki układ przegród (labirynt), którego zadaniem było odbijanie zwrotne traconej wody. Na rysunku 11 pokazano przykład takiego rozwiązania.



Rys. 11. Płuczka wodna – przekrój [opracowanie własne]

W latach 90-tych XX wieku, w trakcie opracowywania kolei podwieszanej z lokomotywą (ciągnikiem) Lps-90, wykorzystano układ schładzania spalin wzorowany na rozwiązaniu z lokomotywy Lds-100, z wtryskiem wody do przewodu wylotu spalin.

Awaryjność tego układu, zwłaszcza pompy wody, spowodowała wprowadzenie do przewodu wylotu spalin wkładki inżektorowej (kryzy), wywołującej podciśnienie zasysające wodę chłodzącą. Rozwiązanie z dyszą wtryskową i wkładką (kryzą) zasysającą przedstawiono na rysunku 12.



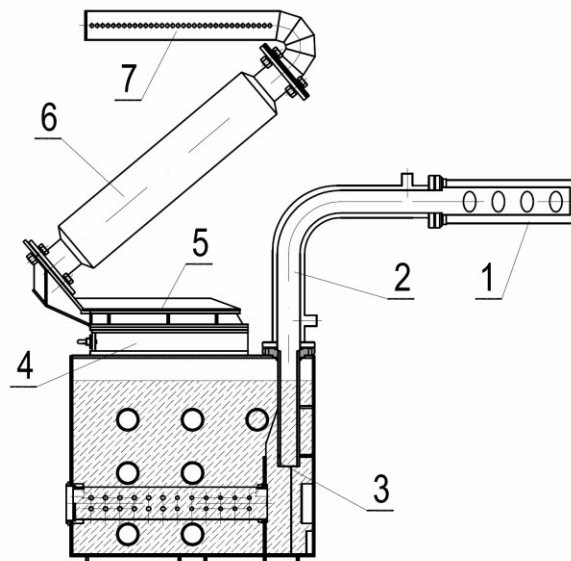
a) Wtrysk wody do przewodu wylotowego spalin za pomocą dyszy jednopunktowej [10]

b) Wtrysk wody do przewodu wylotowego spalin za pomocą wkładki inżektorowej [10]

Rys. 12. Układ wtrysku i zasysania wody chłodzącej [10]

Dalszy rozwój układów schładzania spalin nastąpił po wejściu Polski do Unii Europejskiej, gdy zaczęło obowiązywać prawodawstwo europejskie, w tym Dyrektywa Atex.

W celu spełnienia obowiązujących wymagań wynikających z tej dyrektywy, najpierw na potrzeby ciągnika Lps-90, a później lokomotywy Lds-100KEM A, opracowano nowy ognioszczelny układ dolotowo-wylotowy. Zrezygnowano z wtrysku wody do układu wylotowego, na rzecz chłodzenia przewodu wylotu spalin. Rozwiązanie to pokazano na rysunku 13.

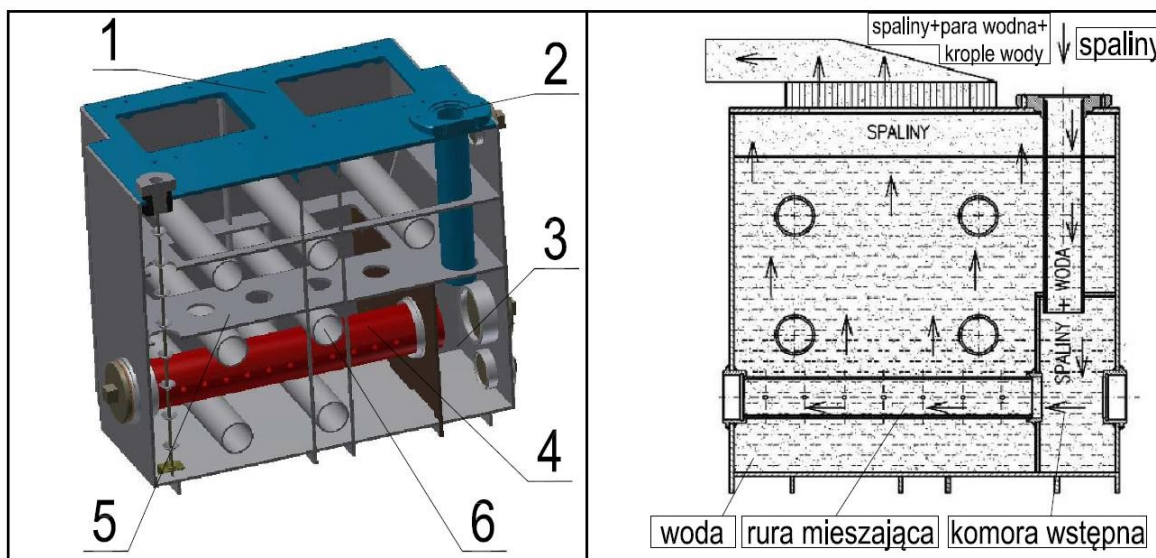


Rys. 13. Przewód wylotu spalin z płaszczem wodnym [opracowanie własne]

1 – kolektor wylotowy silnika, 2- dwupłaszczowy przewód wylotu spalin, 3 – płuczka wodna spalin, 4 – wylotowy przerywacz płomienia, 5 – kolektor zbiorczy, 6 – iskrochron, 7 – rozrzedzacz spalin

Zespoły kolektora wylotowego, turbosprężarki oraz przewodu wylotowego, łączącego silnik z płuczką wodną, są chłodzone wodą z układu chłodzenia silnika.

W celu ograniczenia zjawiska wyrzucania wody z płuczki wprowadzono do jej konstrukcji rurę mieszającą, której zadaniem było podzielenie strumienia spalin na mniejsze fragmenty w formie pęcherzyków (bąbelków). Rozwiązanie to pokazano na rysunkach 13 i 14.

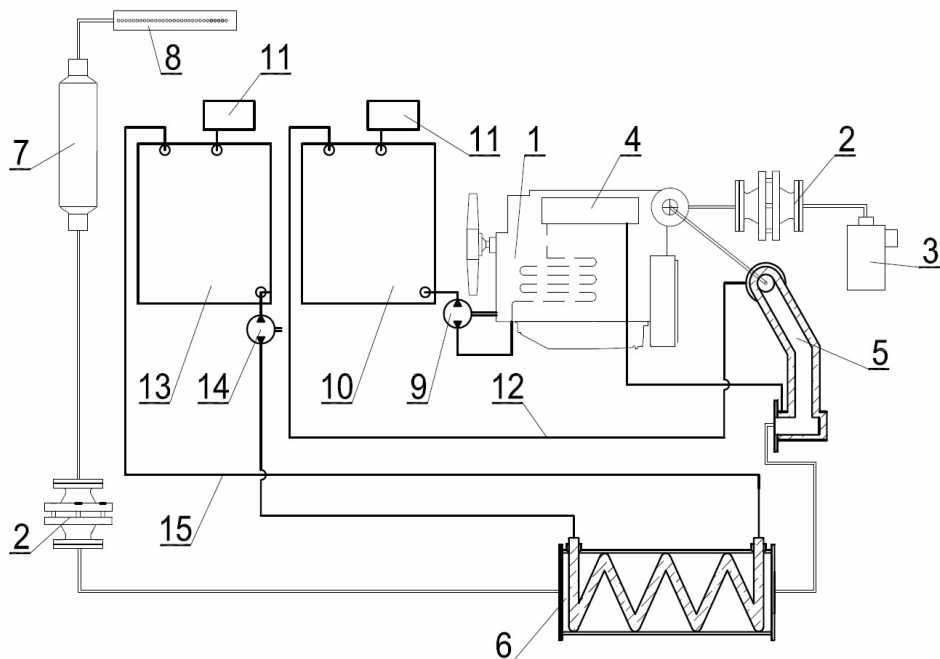


Rys. 14. Płuczka wodna z rurą mieszającą [11]

1 – korpus płuczki, 2 – wlot spalin, 3 – komora wstępna, 4 – rura mieszająca,
5 – blacha odbijająca, 6 – rura wzmacniająca

Firmy produkujące napędy spalinowe dla górnictwa zaczęły wprowadzać do swoich konstrukcji również „suche” wymienniki ciepła. Zasada ich działania opiera się na przekazywaniu ciepła spalin do wody chłodzącej, krążącej w zespole rur wypełniających komorę wymiennika. Woda chłodząca spaliny kierowana jest do osobnego układu chłodzącego, w którym przekazywane jest ciepło do otoczenia. Schemat ww. układu pokazano na rysunku 15. W ITG KOMAG opracowano wersję suchego wymiennika ciepła, który można zabudować w miejsce płuczki mokrej. Wersję doświadczalną powyższego wymiennika poddano badaniom, uzyskując zadawalające wyniki. Model wymiennika pokazano na rysunku 16.

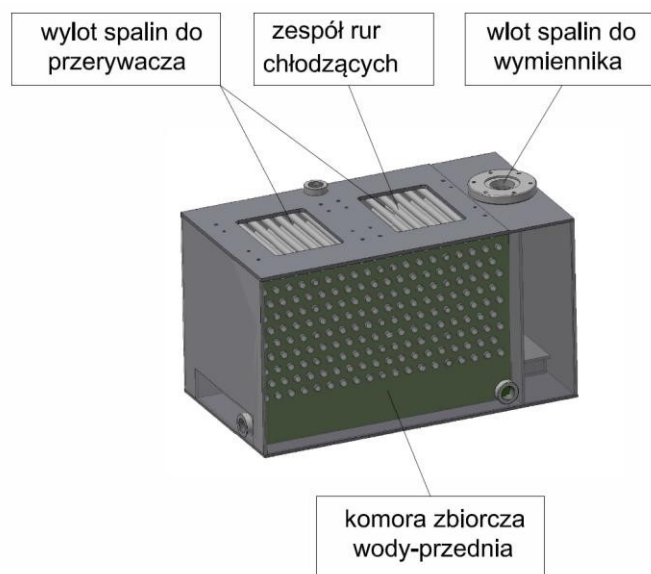
Zaletą suchego wymiennika ciepła spalin jest brak konieczności uzupełniania wody chłodzącej w płuczce. Zachodzi jednak konieczność zabudowy dodatkowego układu chłodzenia wody, która schładza spaliny w wymienniku. W układzie zabudowana jest pompa i wentylator, które muszą być napędzane, a więc koniecznym jest przeznaczenie części mocy silnika do obsługi tego układu. Układ wymiany ciepła spalin z otoczeniem, poprzez jego przenikanie przez ścianki rur do wody chłodzącej, a następnie przez płytki chłodnicy do atmosfery, nie był jednak tak sprawny, jak w płuczce mokrej, gdzie ciepło spalin jest przekazywane bezpośrednio wodzie chłodzącej, z pominięciem oporów związanych z przenikaniem przez elementy pośrednie. Woda paruje, a para miesza się ze spalinami, odbierając im ciepło.



Rys. 15. Zespół silnikowy z suchym wymiennikiem ciepła [opracowanie własne]

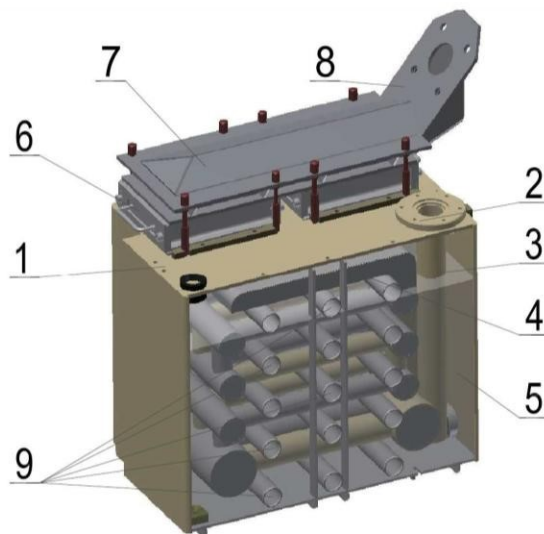
1 – silnik spalinowy, 2 – przerywacz płomienia, 3 – filtr powietrza, 4 – kolektor wylotowy silnika, 5 – przewód wylotu spalin, 6 – suchy wymiennik ciepła, 7 – łapacz iskier, 8 – rozrzedzacz, 9 – pompa wody silnika, 10 – chłodnica wody silnika, 11 – zbiornik wyrównawczy, 12 – zespół przewodów, 13 – chłodnica układu chłodzenia spalin, 14 – pompa wody układu schładzania spalin, 15 – zespół przewodów układu schładzania spalin

W ITG KOMAG opracowano również rozwiązanie łączące zalety płuczki mokrej i „suchego” wymiennika ciepła. W urządzeniu o nazwie bezciśnieniowy wymiennik ciepła, spaliny prowadzone są w układzie rur zanurzonych w kąpieli wodnej, oddając część ciepła wodzie i wywołując jej parowanie. Wylot spalin z układu rur umieszczony jest nad powierzchnią wody, gdzie spaliny łączą się z parą wodną i uchodzą do przewodu wylotowego. W trakcie przepływu przez przewód wylotowy następuje schładzanie spalin. Intensywność chłodzenia spalin jest porównywalna z intensywnością chłodzenia wodnej płuczki spalin, ale w tym przypadku unika się zjawiska wyrzucania kropeł wody z płuczki.



Rys. 16. Suchy wymiennik ciepła opracowany przez KOMAG [opracowanie własne]

Na rysunku 17 przedstawiono szkic bezciśnieniowego wymiennika ciepła.



Rys. 17. Bezciśnieniowy wymiennik ciepła [opracowanie własne]

1 – skrzynia wymiennika, 2 – przyłącze rury wylotu spali z silnika, 3 - rura wlotu spalin,
4 – labirynt rur chłodzących, 5 – woda, 6- przerywacz płomienia, 7 – kolektor zbiorczy,
8 – łącznik iskrochronu, 9 – rury wzmacniające

5. Podsumowanie

Aktualnie w ITG KOMAG prowadzone są badania porównawcze sprawności odprowadzania ciepła spalin do atmosfery przez bezciśnieniowy wymiennik ciepła. Jego sprawność porównywana jest ze sprawnością płuczki wodnej spalin i suchego wymiennika ciepła. Uzyskane wyniki wskazują, że udało się osiągnąć jeden z postulatów użytkowników napędów spalinowych z mokrą płuczka spalin, dotyczący zmniejszenia zużycia wody przez ograniczenie zjawiska wyrzucania jej kropeł przez wylatujące spaliny.

Przewiduje się, że w przyszłości bezciśnieniowy wymiennik ciepła zastąpi tradycyjne płuczki mokre, a w niektórych przypadkach również suche wymienniki ciepła. Konstrukcja bezciśnieniowego wymiennika ciepła, który obecnie poddawany jest badaniom, umożliwi pełną jego wymiennalność z konstrukcjami płuczek mokrych, opracowanych w ITG KOMAG. Ta właściwość stwarza możliwość zastosowania tego rozwiązania w trakcie przeprowadzania napraw lub remontów maszyn z napędem spalinowym, a także wprowadzenia do nowo budowanych maszyn.

Literatura

- [1] Dobrzaniecki P.: Rozeznanie stanu techniki w zakresie układów wylotowych z wymiennikiem ciepła (suchą płuczka spalin). ITG KOMAG Gliwice 2007 (materiały niepublikowane)
- [2] Dobrzaniecki P., Kaczmarczyk K., Suffner H., Pieczora E.: Rozwój dołowych napędów spalinowych w ITG KOMAG. Maszyny Górnicze 2016 nr 2 s. 20-33
- [3] Gierlotka S.: Rozwój napędu trakcji elektrycznej w kopalniach. Przegląd Górniczy 2005 nr 2

- [4] Lehrbuch der Bergbaukunde mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaues. Spronger Verlag, Berlin Heidelberg 1943
- [5] Dokumentacja fotograficzna ITG KOMAG
- [6] Ogrodzki A.: Chłodzenie trakcyjnych silników spalinowych. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności Warszawa 1974
- [7] PN-EN 1834-2:2002 Silniki spalinowe tłokowe - Wymagania bezpieczeństwa dotyczące projektowania i budowy silników przeznaczonych do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem - Część 2: Silniki grupy I przeznaczone do stosowania w pracach podziemnych zagrożonych występowaniem metanu i/lub palnego pyłu
- [8] Pokropiński B.: Lokomotywy spalinowe produkcji polskiej. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 2009. ISBN 978-83-206-1731-3
- [9] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz. U. 2017 poz. 1118)
- [10] Sprawozdanie z badań stanowiskowo-atestacyjnych i prób ruchowych lokomotywy podwieszanej spalinowej Lps-90. ITG KOMAG, Gliwice 1996 (materiały niepublikowane)
- [11] Suffner H. i in.: Koncepcja bezciśnieniowego wymiennika ciepła. ITG KOMAG, Gliwice 2017 (materiały niepublikowane)

Czy wiesz, że

...naukowcy z College of Engineering *Carnegie Mellon University* i *Uniwersytetu Missouri*, badając możliwości zwiększenia pojemności i trwałości akumulatorów litowo-jonowych zwrócili uwagę na ich wewnętrzną architekturę. Okazuje się, że stosuje się zaledwie kilka jej rodzajów. W każdym z nich porowatość jest bardzo ograniczona. Wykorzystano więc możliwości systemu drukowania Aerosol Jet 3D, łącząc miniaturowe kropki materiału w dowolne, przestrzenne, porowate struktury. Dotąd wykorzystywano pojedynczy strumień materiału. Nowy sposób znacznie poprawił przenikanie litu przez strukturę, zwiększając wydajność i podnosząc pojemność akumulatora. – Często wystarczy w umiejętny sposób wykorzystać istniejące już rozwiązania, aby uzyskać całkiem nową jakość – stwierdził profesor *Rahul Panat*.

Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie 2018 nr 7/8 s.10