

ANALIZA WARUNKÓW PRACY ŻURAWIA KOLEJOWEGO W ZAKRESIE OCENY PARAMETRÓW GAZÓW WYLOTOWYCH

Streszczenie

Prace torowe nie byłyby możliwe bez specjalistycznych maszyn kolejowych. Do najważniejszych z nich należą różnego typu i rodzaju dźwigi i żurawie. Żuraw kolejowy TAKRAF ZU-EDK-300, który był przedmiotem analiz, służy przede wszystkim do podnoszenia i przemieszczania ładunków oraz elementów przeznaczonych do zabudowy, przebudowy i modernizacji torowiska.

W artykule przedstawiono wyniki badań i dokonano analizy warunków użytkowania opisywanego żurawia oraz podstawowych parametrów gazów wylotowych silnika spalinowego podczas prowadzenia wybranych prac torowych, wspomagających modernizację odcinka linii kolejowej wiodącej z Poznania do Piły. Przedstawione w opracowaniu rezultaty badań pozwoliły określić potencjał odzysku energii gazów wylotowych.

WSTĘP

Powszechnie w eksploatacji stosowane są pojazdy z konwencjonalnym układem napędowym, który stanowi tłokowy silnik spalinowy. Jego sprawność ogólna wynosi obecnie 30–40%. Z bilansu energii trakcyjnych silników spalinowych wykorzystywanych w pojazdach wynika, że jedynie 30–40% energii chemicznej dostarczonej z paliwem zamieniana jest na pracę mechaniczną. Pozostała część jest tracona wskutek:

- strat ciepłych odprowadzanych przez układ chłodzenia,
- strat ciepłych odprowadzanych z gazami wylotowymi,
- strat niezupełnego lub niecałkowitego spalania,
- pozostałych strat ciepłych.

Rozważając straty cieplne odprowadzane z gazami wylotowymi, należy zdefiniować podstawowe terminy. Zgodnie z definicją strat ciepłych odprowadzanych z gazami wylotowymi przyjętą przez T. Rychtera i A. Teodorczyka [3] w układzie wylotowym silnika energia unoszona jest w postaci strumienia entalpii ze spalinami i dalej rozpraszana jest w atmosferze. Z tego strumienia można wydzielić entalpię unoszoną w postaci niecałkowitego i niezupełnego spalania paliwa. Jest to definicja używana przede wszystkim w termodynamice. W literaturze naukowej [5, 6] spotykane jest również określenie tej formy energii jako odpadowej. Jest to energia bezużytecznie odprowadzana do otoczenia, pomimo że nadaje się do dalszego wykorzystania w sposób ekonomicznie opłacalny.

Od wielu dziesięcioleci prowadzone są intensywne prace naukowo-badawcze mające na celu wykorzystanie energii z gazów wylotowych, zmierzające do zwiększenia sprawności ogólnej tłokowych silników spalinowych. Do tej pory podstawowym sposobem wykorzystania tej energii było stosowanie turbosprężarek, szczególnie w silnikach o zapłonie samoczynnym. K. Wiśłocki w monografii [4] przedstawił stopień wykorzystania energii gazów wylotowych w turbosprężarkach. W systemach pulsacyjnych energia ta składa się z części kinetycznej i energii ciśnienia (ciepło wykorzystane w turbinie). Natomiast w systemie stałego ciśnienia część energii kinetycznej zamieniana jest na energię ciśnienia. Zgodnie z bilansem energii z gazów wylotowych dla obu systemów, w drugim z nich większa część energii odpadowej wykorzystywana jest w turbinie i stanowi 63% całkowitej energii.

Układy turbosprężarkowe poddawane są ciągłym modyfikacjom ze względu na dynamiczny rozwój konstrukcji tłokowych silników

spalinowych, który ukierunkowany jest na ograniczenie zużycia paliwa oraz emisji związków toksycznych gazów wylotowych [1, 2]. Głównym czynnikiem determinującym rozwój silników spalinowych jest potrzeba ograniczenia ich emisyjności. Podstawowym narzędziem wykorzystywanym przez ustawodawców w celu wymuszenia na producentach pojazdów samochodowych spełnienia w/w czynników są normy emisji gazów wylotowych, które określają zarówno limity związków toksycznych, jak i procedury przeprowadzania pomiarów. Dotyczą one jednak emisji zanieczyszczeń. W celu ograniczenia zużycia paliwa jednostek napędowych, a tym samym energochłonności układu napędowego, wprowadzono regulacje prawne dotyczące limitów indywidualnej emisji drogowej CO₂ z floty pojazdów danego producenta.

Oprócz układów doładowania turbosprężarkowego, stosowanych jest obecnie wiele innych rozwiązań wykorzystujących energię gazów wylotowych. Zaliczyć do nich można generatory termoelektryczne TEG (Thermoelectric Generator). Są to urządzenia instalowane w układach wylotowych silników, służące do konwersji energii z gazów wylotowych na energię elektryczną. Generator TEG składa się z wymiennika ciepła, na którego powierzchni przymocowane są moduły termoelektryczne (moduły TEM), oraz z układu chłodzenia modułów.

Nadrzędnym zadaniem generatora TEG jest zwiększenie efektywności spalinowych układów napędowych. Jest to realizowane przez wykorzystanie energii chemicznej zawartej w paliwie pod postacią strumienia energii odprowadzanej z gazami wylotowymi. Wskutek zjawiska termoelektrycznego moduły TEM wytwarzają prąd elektryczny, który wspomaga działanie sieci elektrycznej pojazdu prowadząc do zmniejszenia mocy i rozmiarów klasycznego alternatora, co przekłada się na redukcję zużycia paliwa i emisji CO₂.

Dzięki wykorzystaniu energii gazów wylotowych z współczesnych silników spalinowych możliwe jest ograniczenie zużycia paliwa oraz emisji zanieczyszczeń. Czołowe światowe koncerny motoryzacyjne, takie jak BMW, Toyota czy Volkswagen przewidują spełnienie limitów indywidualnej emisji drogowej CO₂ właśnie przez zastosowanie układów odzysku energii odpadowej. Dzięki temu ograniczony zostanie zarówno negatywny wpływ sektora motoryzacji na środowisko naturalne, jak i spełnione będą główne postulaty polityki zrównoważonego rozwoju.

1. OBIEKT BADAŃ I WARUNKI PROWADZONYCH ANALIZ

Obiektem badań był pojazd z grupy NRMM (Non-Road Mobile Machinery) – żuraw kolejowy TAKRAF ZU-EDK-300 (rys. 1). Jest on zasadniczo przeznaczony do wykonywania prac torowych, służy do podnoszenia i przemieszczania ładunków oraz elementów służących do zabudowy torowiska. Umożliwia również wykonywanie wszelkich prac wymagających podnoszenia i przemieszczania: ładunków, urządzeń, elementów nawierzchniowych zabudowanych w torze lub jego otoczeniu. Żuraw może pracować pod elektryczną siecią trakcyjną, ale pod warunkiem jej wyłączenia. Maksymalny udźwig maszyny uzależniony jest od jej wysięgu i wynosi 50 Mg. Z grupy podstawowych parametrów eksploatacyjnych omawianego żurawia należy jeszcze wymienić maksymalną moc użyteczną silnika wynoszącą 588 kW (800 KM).



Rys. 1. Żuraw kolejowy TAKRAF ZU-EDK-300

Na potrzeby podjętej w artykule analizy dokonano między innymi oceny warunków eksploatacji żurawia ZU-EDK-300 oraz parametrów gazów wylotowych silnika spalinowego podczas wykonywania prac torowych, wspomagających modernizację odcinka linii kolejowej wiodącej z Poznania do Piły (rys. 2). Tego dnia roboczego żuraw kolejowy był zasadniczo wykorzystywany do usuwania z torowiska i załadunku na platformę starych drewnianych podkładów kolejowych wraz z fragmentami zużytych szyn (rys. 3).



Rys. 2. Miejsce prowadzenia prac przy wykorzystaniu żurawia ZU-EDK-300

2. WYNIKI BADAŃ WRAZ Z ICH OMÓWIENIEM

Cały cykl pracy maszyny trwał około 4 h. Po uruchomieniu silnika żurawia i osiągnięciu ustabilizowanego stanu cieplnego nastąpił przejazd z bazy taborowej na plac budowy. Po zakończeniu prac torowych, z uwagi na chwilową zajętość toru, nastąpił kilkusetmetrowy przejazd żurawiem do punktu oczekiwania, a następnie przejazd powrotny do bazy. Należy nadmienić, że w trakcie przemieszczania się maszyny miały miejsce dodatkowo dwa krótkie postoje w okolicach przejazdu kolejowego.

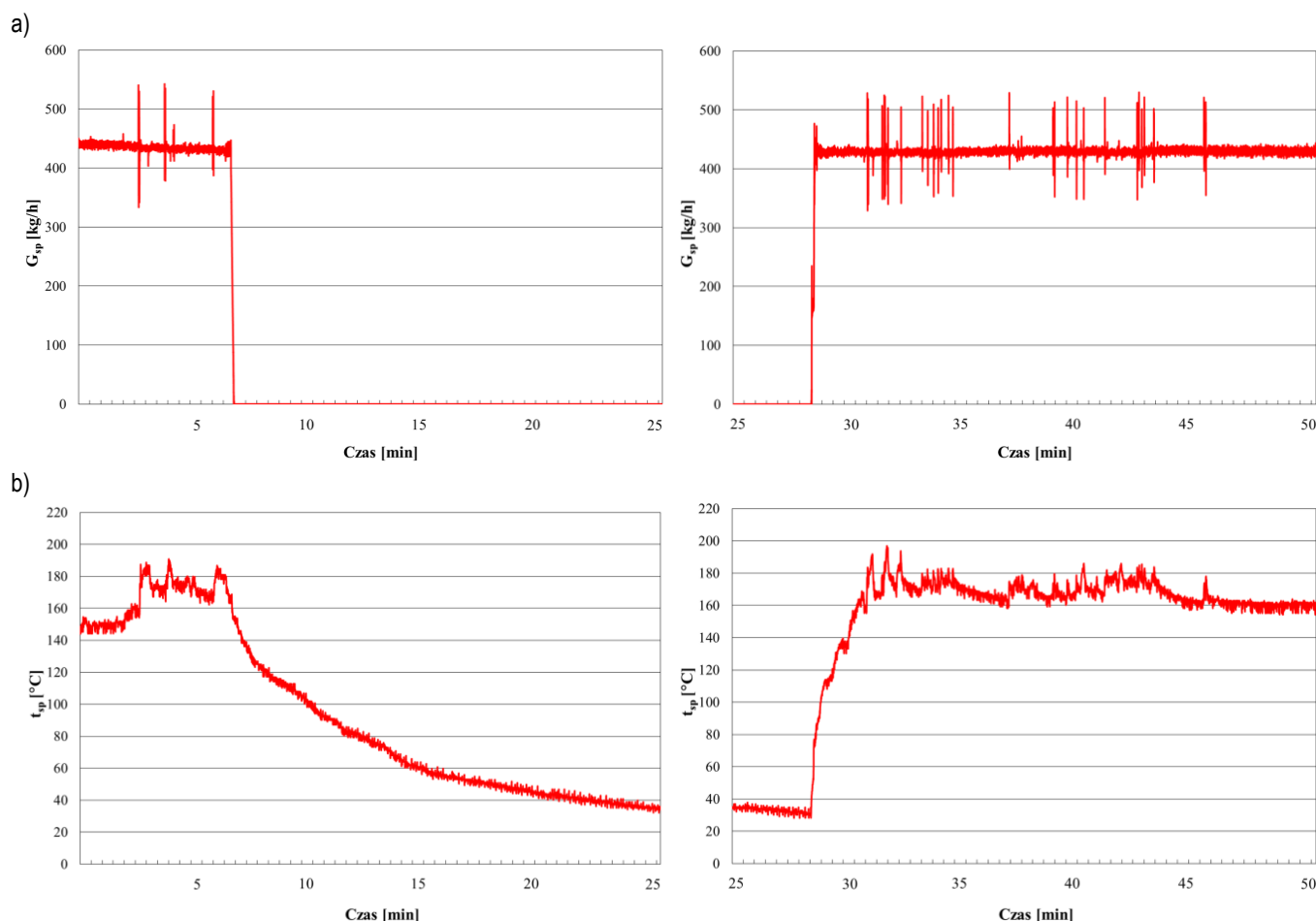


Rys. 3. Żuraw kolejowy ZU-EDK-300 w trakcie wykonywania prac torowych

Na rysunku 4 zaprezentowano przykładowe przebiegi (pierwsze 50 minut pracy maszyny) podstawowych parametrów gazów wylotowych silnika, stanowiącego źródło napędu i zasilania instalacji hydraulicznej badanego żurawia. W pierwszej fazie testu występowała faza nagrzewania silnika i przygotowywanie do dalszej pracy. W końcowej fazie tego procesu temperatura gazów wylotowych zawierała się w zakresie 170–190°C (rys. 4b). W trakcie przejazdu na plac budowy temperatura gazów wylotowych była nieco mniejsza, gdyż zawierała się w większości w przedziale 160–170°C, na co wpływ miało chłodzące oddziaływanie układu wylotowego w trakcie ruchu pojazdu. Taki przebieg temperatury gazów wylotowych umożliwiła zastosowanie generatora termoelektrycznego TEG

jako układu odzysku energii. Jak wspomniano we wstępie składa się on z modułów termoelektrycznych TEM wykonanych na bazie Bi_2Te_3 . Jest to obecnie najpopularniejszy materiał wykorzystywany do budowy tzw. niskotemperaturowych modułów TEM – osiągają one współczynnik efektywności termoelektrycznej $ZT = 1$ dla temperatury 175°C.

Z analizy zarejestrowanych wartości natężenia przepływu gazów wylotowych wynika, iż silnik żurawia pracował w zakresie charakterystyki obciążeniowej (zmiana warunków pracy żurawia kolejowego). Świadczą o tym widoczne fluktuacje wartości tego parametru od stałego poziomu wynoszącego około 430–440 kg/h (rys. 4a).



Rys. 4. Podstawowe parametry gazów wylotowych silnika żurawia kolejowego ZU-EDK-300: a) natężenie przepływu, b) temperatura

PODSUMOWANIE

Przeprowadzona ocena warunków pracy żurawia kolejowego oraz podstawowych parametrów gazów wylotowych silnika spaliniowego stanowi przyczynek do określenia potencjału odzysku energii. Aby zrealizować ten cel kolejnym krokiem będzie wyznaczenie strumienia energii gazów wylotowych w poszczególnych częściach układu wylotowego badanego żurawia. Przewidziane jest również rozszerzenie badań i wykonanie analiz przy innych pracach przytaczanej maszyny.

Na podstawie uzyskanych wyników analiz strumienia energii gazów wylotowych dokonany zostanie wybór metody odzysku i rekuperacji energii. W tym przypadku przewidywane jest zastosowanie generatora termoelektrycznego TEG z komercyjnymi modułami termoelektrycznymi TEM. Dzięki temu możliwy będzie wzrost efektywności spaliniowego układu napędowego żurawia oraz ogra-

niczenie negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne maszyn dedykowanych do prac kolejowych.

Prace sfinansowano z funduszy przeznaczonych na działalność statutową (umowa nr 05/52/DSPB/0260).

BIBLIOGRAFIA

1. Gronowicz J., *Ochrona środowiska w transporcie lądowym*. Wydawnictwo Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1996.
2. Krzemieniecki A., *Tabor kolejowy*. WKiŁ, Warszawa 1976.
3. Rychter T., Teodorczyk A., *Teoria silników tłokowych*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2006.
4. Wislocki K., *Systemy doładowania szybkoobrotowych silników spaliniowych*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1991.

5. Wojciechowski K.T., Zybala R., Tomankiewicz J., Fuc P., et al., *Influence on Back Pressure on Net Efficiency of TEG Generator mounted in the Exhaust System of a Diesel Engine*. Thermoelectric Goes Automotive II, Expert Verlag, Renningen 2012, p. 177–188.
6. Kronenberg J., Bergier T. red., *Wyzwania zrównoważonego rozwoju w Polsce*. Fundacja Sendzimira, Kraków 2010.

ANALYSIS OF THE RAILWAY CRANE WORK CONDITIONS FOR THE EVALUATION OF THE EXHAUST GASES PARAMETERS

Abstract

Track works would not be possible without specialized railway machines. The most important of them are different types of cranes. The TAKRAF ZU-EDK-300 crane, which was the subject of analysis, is primarily used for lifting and moving loads and components designed for the construction, reconstruction and modern-

ization of the track.

The paper presents the results of research and analysis of the conditions of use of the described crane and the basic parameters of exhaust gases of the internal combustion engine while conducting selected track works supporting the modernization of the railway section leading from Poznan to Pila. The results of research presented in this paper have allowed to determine the potential of the exhaust gas energy recovery.

Autorzy:

dr inż. **Paweł Daszkiewicz** – Instytut Pojazdów Szynowych

„TABOR” w Poznaniu, p.daszkiewicz@tabor.com.pl

dr inż. **Maciej Andrejewski** – Instytut Pojazdów Szynowych

„TABOR” w Poznaniu, m.andrzejewski@tabor.com.pl

dr hab. inż. **Piotr Lijewski**, prof. PP – Politechnika Poznańska,
Wydział Maszyn Roboczych i Transportu,

piotr.lijewski@put.poznan.pl

dr inż. **Andrzej Ziolkowski** – Politechnika Poznańska, Wydział
Maszyn Roboczych i Transportu,

andrzej.j.ziolkowski@put.poznan.pl

dr inż. **Łukasz Rymaniak** – Politechnika Poznańska, Wydział

Maszyn Roboczych i Transportu, lukasz.rymaniak@put.poznan.pl