

Automatyzacja procesów produkcyjnych w zakresie wytwarzania paliw alternatywnych

Jerzy Osiński, Przemysław Rumianek, Piotr Żach

Instytut Podstaw Budowy Maszyn, Politechnika Warszawska

Streszczenie: W pracy oceniono możliwości wykorzystania energetycznego odpadów – stwierdzono, że w skali naszego kraju są one ogromnym źródłem energii, podano występujące ilości oraz skład w różnych regionach Polski. Omówiono problemy wynikające ze spalania paliw alternatywnych: konieczność stosowania wysokosprawnych urządzeń do oczyszczania spalin oraz najczęściej występujące toksyczne składniki spalin.

Słowa kluczowe: odpady, recykling, paliwa alternatywne, spalanie

1. Wstęp

Wzrastające ceny energii pochodzącej ze spalania paliw konwencjonalnych oraz wyczerpywanie się ich zasobów, wymuszają poszukiwania niekonwencjonalnych źródeł energii, których wykorzystanie nie wpływałoby negatywnie na środowisko.

Przystępując do oceny systemu gospodarki odpadami, prognozowania ilości dostępnych i możliwych do pozyskania w skali roku surowców odpadowych, należy rozważyć aspekty ilości i składu odpadów powstających na terenie miasta i gminy oraz rozwój systemu w kolejnych latach.

W celu określenia prognozowanej ilości surowców odpadowych przyjęto, że w gospodarstwach domowych przyrost ilości odpadów będzie równy przyrostowi wskaźnika PKB. Odnosnie ilości odpadów z pozostałych sektorów (głównie z podmiotów gospodarczych) przewiduje się, że wzrost liczby odpadów będzie niższy od tempa wzrostu PKB – o 1% poniżej wzrostu wskaźnika PKB [1].

W ocenie perspektyw wytwarzania odpadów związanych z gospodarką należy uwzględnić przede wszystkim zamierzenia krajowe w zakresie rozwoju państwa, jak również plany restrukturyzacji gospodarki narodowej. Rozważając możliwość wykorzystania energii z surowców odpadowych na terenach gmin przyjęto, że: w tym celu nie powstaną nowe, zakłady przemysłowe, a nastąpi modernizacja istniejących wytwórni, zmiany technologiczne, jak również wprowadzenie limitów materiałochłonności i dążenie do zaimplementowania systemów energetycznych wykorzystujących energię odnawialną przyczynią się do ograniczenia strumienia odpadów.

W ocenie ilości materiałów możliwości do wykorzystania pochodzących z demontowanych pojazdów, urządzeń AGD, sprzętu komputerowego posłużono się rozszerzonym opracowaniem [2], [3], [4], [5].

2. Ocena zasobów surowcowych alternatywnych

Odpady stanowią źródło energii wykorzystywanej zarówno w ciepłownictwie jak i w energetyce zawodowej. Dotyczy to zarówno odpadów komunalnych, biomasy, jak i odpadów specjalnych i przemysłowych. Przydatność odpadów do energetycznego wykorzystania zależy od rodzaju, jednorodności i właściwości cieplnych. Wartość energetyczna odpadów zależy od pochodzenia, składu i w znacznej mierze od zawartości wilgoci.

Stały wzrost odpadów komunalnych, ograniczone pojemności istniejących i projektowanych składowisk oraz wzrost cen związanych ze składowaniem, jak również wzrost cen surowców naturalnych – w szczególności ropy naftowej i wyrobu ropopochodnych – spowodował rozwój nowych technologii przetwarzania odpadów. Na świecie funkcjonuje wiele technologii produkcji paliwa z odpadów komunalnych. Od stosunkowo prostych, które ograniczają się tylko do mechanicznego sortowania – odzyskania części palnych, natomiast pozostała część jest składowana na składowisku, do technologii ORFA, która przetwarza prawie 90 % odpadów. W technologii tej, oprócz paliwa tzw. *INBRE*, odzyskuje się wiele surowców i półproduktów. *INBRE* w stosunku do innych paliw z odpadów komunalnych charakteryzuje się stałą i stosunkowo wysoką wartością opałową 18-19 MJ/kg. Technologia produkcji *INBRE* przewiduje możliwość dodania do niego wysuszonego osadu z oczyszczalni ścieków. Wysuszone osady ściekowe, w zależności od składu chemicznego, posiadają wartość opałową ok. 8-12 MJ/kg. Zasadniczy problem sprowadza się do przygotowania paliwa z osadów. Suszenie osadów wymaga nakładów energetycznych. Rozwiązaniem jest realizacja procesu np. na terenie cementowni, gdzie do suszenia można wykorzystać ciepło odpadowe z chłodnika klinkieru lub gazy odlotowe z pieca.

W skali gospodarki energetycznej miasta, poziomy ciepła i energii elektrycznej możliwe do uzyskania z termicznej przeróbki odpadów nie są decydujące, ale bardzo cenne. W przypadku gminy ilości energii elektrycznej i ciepła pozyskiwane z obróbki surowców odpadowych wielokrotnie mogą wynosić ponad 70 % całkowitego zapotrzebowania [6].

Termicznej utylizacji poddawane są odpady, które straciły własności użytkowe, a charakteryzują się jedynie wartością opałową. Zastosowanie metody termicznego przetwarzania odpadów, oprócz korzyści w postaci uzyskanej energii, daje również istotne zmniejszenie masy

i objętości odpadów. W wyniku spalania masa wytworzonych odpadów, pomniejszona jest o część wysegregowanych, kompostowanych i wydzielonych odpadów, zmniejsza się do około 20–30 %, a ich objętość do 10% wartości początkowych.

Decyzja o realizacji przedsięwzięcia, jakim jest zakład termicznej przeróbki odpadów na terenie gminy czy powiatu musi spełniać jeden z podstawowych warunków ekonomicznych: minimalna ilość odpadów przeznaczonych do termicznego przetwarzania jest określona na poziomie minimum około 80 tysięcy ton w ciągu roku.

Termiczne przetwarzanie odpadów z jednej strony to zagospodarowanie i redukcja surowców użytkowych z: gospodarstw domowych, przemysłowych, komunalnych z pojazdów wycofanych z eksploatacji, ale również zagrożenie ze względu na złożoność i dużą niejednorodność odpadów (w przypadku niewłaściwego przygotowania i zabezpieczenia zakładu) wynikające z wprowadzania do atmosfery dużych ilości produktów gazowych, wielokrotnie toksycznych, niebezpiecznych dla ludzi i środowiska naturalnego. Nowoczesne spalarnie budowane powinny posiadać palenisko rusztowe lub fluidalne.

3. Uwarunkowania w zakresie realizacji nowoczesnego procesu spalania

Podstawowym aspektem nowoczesnego procesu spalania jest zastosowanie wysokosprawnego węzła oczyszczania i neutralizacji spalin. Jest to trudne do osiągnięcia ze względu na zróżnicowany i zmienny w czasie skład odpadów. Zastosowane metody oczyszczania spalin muszą być efektywne nawet w warunkach istotnych zmian koncentracji substancji szkodliwych w gazach odlotowych, tak aby ich końcowe stężenie odpowiadało obowiązującym normom. Instalacja musi zostać również wyposażona w urządzenia do przerobu i unieszkodliwiania stałych produktów spalania, czyli żużli, pyłów i popiołów, a także ścieków powstających po procesie oczyszczania spalin, jeśli do oczyszczania spalin wybrano moką metodę ich oczyszczania.

Podstawowym celem wykorzystywania spalarni odpadów komunalnych jest możliwość odzysku ciepła wytwarzanego w procesie spalania i zagospodarowanie możliwych do przetworzenia odpadów użytkowych. Spalarnie mogą funkcjonować jako elektrownie, ciepłownie lub elektrociepłownie. W zależności od uzyskiwanej formy energii stosuje się dwa rodzaje kotłów utylizujących ciepło spalin: parowe lub wodne. W kotłach parowych produkuje się parę nasyconą lub przegrzaną.

Jednym z najpoważniejszych problemów występujących podczas eksploatacji spalarni odpadów jest emisja dioksyn do atmosfery. W ogólnej masie odpadów znajduje się pewna część odpadów pochodzenia chemicznego. Są to przeważnie tworzywa sztuczne i inne związki chemiczne zawierające takie pierwiastki jak chlor, brom czy fluor. Podczas procesu spalania ulegają one niekontrolowanym reakcjom, tworząc toksyczne związki organiczne, a wśród nich chlorowcopochodne z grupy związków aromatycznych

określane jako polichlorowane dibenzoparadioksyny (PCDDs) oraz dibenzofruany (PCDFs). Związkiem o największej toksyczności ze wszystkich izomerów dioksyn jest tetrachlorodibenzoparadioksyna (TCDD).

Źródłem emisji tych związków jest wiele procesów spalania z udziałem chlorowcopochodnych i związków węgla np. procesy obróbki metali kolorowych, domowe paleniska pieców węglowych, elektrownie konwencjonalne, czy silniki spalinowe pojazdów mechanicznych. W nowoczesnych spalarniach odpadów poziom emisji dioksyn wynosi 0,01 g/rok. Należy zwrócić uwagę na prawidłowe unieszkodliwienie popiołów i pyłów lotnych, w których zawartość dioksan może sięgać kilku tysięcy nanogram I-TEQ/kg.

4. Charakterystyka surowcowa odpadów

W tabeli 1 za [7] podano uśredniony skład surowcowy odpadów z terenów dużych miast Polski.

Tab. 1. Procentowy skład surowcowy odpadów z terenów dużych miast Polski

Tab. 1. Percentage structural composition of wastes of big polish towns regions

Lp.	Surowiec odpadowy	Opis	Udział składnika [%]
1	odpady z tworzyw sztucznych	tworzywa sztuczne i wszelkie po nich pozostałości	30,7
2	odpady papieru i tektury	pozostałości po wyrobach z papieru i tektury	12,8
3	odpady metali	pozostałości po wszelkich wyrobach z wszystkich rodzajów metali	5,8
4	odpady szkła	wyroby ze szkła i wszelkie po nich pozostałości	6,5
5	odpady pochodzenia roślinnego i zwierzęcego	resztki powstające przy przygotowywaniu i po konsumpcji pożywienia, resztki artykułów spożywczych, resztki roślin pochodzących z wszelkiego rodzaju upraw itp.	15,2
6	odpady mineralne odpady z budownictwa	drobny gruz budowlany, resztki ceramiczne itp.	13,0
7	odpady materiałów tekstylnych	wyroby z wełny, bawełny, lnu, włókien sztucznych i ich resztki	3,0
8	pozostałe, w tym frakcja poniżej 10 mm	głównie ziemia i popiół oraz inne odpady nie-emożliwe do ścisłego wyspecyfikowania	13,0

Odpady ze względu na źródło powstania można podzielić na odpady komunalne i przemysłowe. Do kategorii odpadów komunalnych zalicza się odpady stałe i ciekłe powstające w gospodarstwach domowych, w obiektach użyteczności publicznej i obsługi ludności w tym nieczystości gromadzone w zbiornikach bezodpływowych, odpady uliczne oraz odpady o charakterze komunalnym z zakładów przemysłowych.

W roku 1998 w Polsce wytworzono 1 227 577 000 Mg odpadów komunalnych [8], w tym: szkło – 97 137 077 Mg, makulatura – 79 606 421 Mg, tworzywa sztuczne 50 580 253 000 Mg, metale żelazne i nieżelazne 35 061 312 Mg, inne 70 410 011 Mg.

Skład, właściwości i ilość wytwarzanych odpadów różnią się w zależności od wielkości miejscowości, typu zabudowy, systemu ogrzewania mieszkań itp. Inny skład odpadów występuje w dużych aglomeracjach miejskich, inny w małych miastach i na terenach rolniczych. W ostatnich latach zmienia się skład odpadów komunalnych, wzrasta ilość tworzyw sztucznych, a w szczególności opakowań [7].

5. Paliwa alternatywne

Surowce odpadowe, których potencjał energetyczny jest na tyle duży aby mogły być przetworzone z odzyskiem energii lub też których właściwości pozwalają na przetworzenie w produkty możliwe do wykorzystania jako źródło energii nazywane są paliwami alternatywnymi, wtórnymi.

Paliwami alternatywnymi mogą być odpady stałe i ciekłe, komunalne i przemysłowe stosowane w zakładach przemysłowych i energetycznych jako zamiennik paliw konwencjonalnych. Przemysłem, który od wielu lat z powodzeniem wykorzystuje paliwa alternatywne, jest przemysł cementowy. Jak wynika z [9–11] udział paliw alternatywnych w zastosowaniach przemysłowych stale rośnie. Cementownie wykorzystują bardzo szeroką gamę odpadów zarówno przemysłowych, jak i komunalnych: zużyte opony, tworzywa sztuczne, makulaturę, szlam papierowy, wysuszony szlam z oczyszczalni ścieków, pracowane: rozpuszczalniki, oleje, smary, emulsje wodne: skondensowane węglowodory pochodzenia pierwotnego lub po przeróbce, zneutralizowane smoły rafinacyjne, parafiny i wazeliny techniczne, węglowodory chlorowane, zużyte gumy, odpady komunalne, smoły porafinacyjne, zużyte ziemie wybielające olejów transformatorowych, odpady węglowe (łupki węglowe, muły węglowe).

W procesach zautomatyzowanej energetyki przemysłowej stosowane są paliwa alternatywne, tj.:

- paliwo RDF [12] (poddana brykietowaniu o wielkości 32 x 32 cm frakcja palna odpadów komunalnych: papieru, tworzyw sztucznych, materiałów tekstylnych, drewna, gumy). Wartość opałowa tej frakcji kształtuje się w przedziale od 16–18 MJ/kg. Jako dodatki stabilizujące proces spalania i redukujące emisję substancji toksycznych stosowane są [13]: wapno – ograniczające emisję tlenków siarki i ołowiu, węgiel – emisję dioksyn

i furanów oraz kora – zawartość chlorowodoru i tlenków siarki w gazach odlotowych,

- surowcowe paliwo odpadowe, wzbogacone BRAM [14], frakcja palna odpadów komunalnych i bioodpadów. Paliwo stosowane jest w cementowniach niemieckiego koncernu Dyckerhoff, zostało pomyślnie przetestowane w Cementowni Chełm. Jest pozyskiwane z odpadów domowych oraz z podobnych pod względem właściwości odpadów przemysłowych powstających przy produkcji np.: materiałów tekstylnych lub papierniczych. Stosuje się je w mieszaninie z paliwem konwencjonalnym. Surowcowe paliwo odpadowe wzbogacone zastępuje do 50 % paliwa konwencjonalnego i charakteryzuje się wysoką wilgotnością. Wartość opałowa paliwa z surowców komunalnych (wzbogaconego) nie przekracza 7,5 MJ/kg,
 - paliwo zastępcze nazywane brykietami [15] – zmielone i wysuszone i sprasowane odpady z gospodarstw domowych w ilości 50–60 % masowo, opakowania z działalności przemysłowej i komunalnej (30–35 % masowo), papier falisty – 5 %. Wartość opałowa kształtuje się w granicach 16–18 MJ/kg przy zawartości popiołu od 3 do 6%,
 - stałe paliwo zastępcze [16], [17] – mieszanina odpadów komunalnych ze stałymi palnymi odpadami przemysłowymi uzupełniona o: wapno, zmieszany wapień lub pyły z elektrofiltrów dodawane w celu powstrzymania procesów gnilno-fermentacyjnych odpadów komunalnych i uzdatniające układ hybrydowy. Wartość opałowa zawiera się w przedziale od 7 do 10 MJ/kg przy zawartości wilgoci od 18 do 30%. Układ hybrydowy tworzy się przez zmieszanie odżelazionych odpadów komunalnych ze stałymi palnymi odpadami przemysłowymi. Odpadami przemysłowymi mogą być: produkty w postaci tzw. przerostów o wartości opałowej 12–18 MJ/kg, zawartości popiołu 23–45 % wagowo i wilgotności całkowitej 5–12% wagowo albo w postaci mułów węgla energetycznego o wartości opałowej 12–18 MJ/kg, zawartości popiołu 12–24% wagowo i wilgotności całkowitej 16–25% wagowo lub węgla koksującego o wartości opałowej 16–24 MJ/kg, stwardniałe farby, lakiery, smoły, żywice, rozdrobniona guma lub petrokoks.
- Odpady przemysłowe spełniają funkcję korektora i stabilizatora wartości opałowej mieszaniny, a poprzez podwyższenie ciężaru nasypowego znacząco poprawiają ich podatność do przenoszenia urządzeniami do poziomego i pionowego transportu mechanicznego oraz przez urządzenia dozujące. Sposób wytwarzania stałego paliwa dla pieców obrotowych polega na odżelazieniu i wysortowaniu twardych elementów, mieleniu. Wartość opałowa odpadów komunalnych po wstępnym przygotowaniu wynosi od 7,0 MJ/kg do 10,0 MJ/kg przy wilgotności 18 do 30 % i zawartości substancji mineralnej w przedziale 6 do 12 % wagowo.

Stosunek masowy warstwy odpadów komunalnych w stosunku do warstwy odpadów przemysłowych dobiera się według zadanej wartości opałowej ich mieszaniny. Dla korzystnego przedziału wartości opałowej paliwa zastępczego od 13 MJ/kg do 18 MJ/kg udział odpadów komunalnych wynosi od 30 do 75 % wagowo, a odpadów przemysłowych odpowiednio od 25 do 70 % wagowo. Ciężar nasypowy paliwa wynosi od 480 kg/m³ do około 800 kg/m³.

- paliwo emulsyjne ropopochodne [18] – paliwem ciekłym opracowanym dla potrzeb cementowni i stosowanym obecnie w Cementowni Kujawy jest paliwo emulsyjne. Są to uwodnione osady porafineryjne w ilości 80–85 %, olej opałowy (mazut) – 15–20 %. Wartość opałowa zawiera się w przedziale od 18,8 do 25,1 MJ/kg. Jest wytwarzane przez Zakład Utylizacji Odpadów „Utyl” w Płocku.

6. Podsumowanie

Odpady komunalne stanowią ogromne źródło zasobów energetycznych, które mogą być wykorzystane jako paliwa alternatywne. Wytwarzanie paliw alternatywnych i stosowanie ich w zakładach przemysłowych, energetycznych czy ciepłowniach prowadzi do wymiernych korzyści ekonomicznych i ekologicznych. W wyniku takiego zagospodarowania surowców odpadów mniejsza ich ilość będzie składowana na składowiskach, co w konsekwencji spowoduje zmniejszenie liczby nowych składowisk jak również ograniczy rozbudowę już istniejących. Wykonana w ramach pracy analiza wskazuje potrzebę i konieczność:

- zaprojektowania i wdrożenia zgodnie z wytycznymi ustaw i rozporządzeń globalnego systemu pozyskiwania, gromadzenia i przetwarzania w paliwa alternatywne dostępnych strumieni surowców odpadowych,
- przygotowanie infrastruktury: modernizację istniejącego parku maszynowego lub/i zbudowanie zakładów wysokowydajnej energetyki ciepłej i elektrycznej,
- możliwe jest i wielokrotnie potrzebne i konieczne wzniesienie nowych zakładów – ze względu na koszty inwestycyjne i konieczność zapewnienia stałego strumienia surowców odpadowych nie jest uzasadnione lokalizowanie instalacji na potrzeby ośrodków gminnych (chyba, że względy ekonomiczne lub konieczność zabezpieczenia strumienia odpadów to uzasadnia),
- uzasadnionym jest projektowanie zakładów na potrzeby kilku gmin, powiatu,
- lokalizacja inwestycji powinna być poprzedzona wykonaniem dokładnego planu gospodarki odpadami wraz ze wskazaniem źródeł odpadów, zakładów wytwarzających paliwa alternatywne i odbiorców,
- wykazany potencjał energetyczny zgromadzonych i możliwych do pozyskania zasobów surowcowych możliwych do przetworzenia w procesie energetycznego spalania z odzyskiem energii to alternatywne uzupełniające – wspomagające źródło energii gwarantujące

stabilność całego systemu zaopatrzenia w energię w Polsce, dopełnienie wymaganych limitów wytwórczych, zabezpieczenie i rozwiązanie w sposób nieinwazyjny dla środowiska problemu zagospodarowania odpadów.

Doświadczenia innych krajów, w przede wszystkim Szwecji wykazują, że ze względów ekonomicznych celowe jest tworzenie dużych instalacji – w skali miasta, powiatu, kilku gmin wspólnie.

Bibliografia

1. GUS – wskaźniki wzrostu PKB w Polsce w latach 2008–2010.
2. Osiński J., Żach P., Żach Z., *Określenie poziomów odzysku i recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji*, Praca sfinansowana ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na zamówienie Ministerstwa Środowiska, Warszawa 2007.
3. Osiński J., Żach P., *Wybrane zagadnienia recyklingu samochodów*, wydanie drugie rozszerzone, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2009.
4. Krajowy Plan Gospodarki Odpadami przyjęty przez Radę Ministrów w dniu 29 października 2002 r. (Dz. U. z 2002 r.: Nr 41, poz. 365, Nr 113, poz. 984 i Nr 199, poz. 1671; z 2003 r. Nr 7, poz. 78; z 2004 r.: Nr 96, poz. 959, Nr 116, poz. 1208 i Nr 191, poz. 1956; z 2005 r.: Nr 25, poz. 202, Nr 90, poz. 758, Nr 30, poz. 1087, Nr 175, poz. 1458 i 1462, Nr 180, poz. 1495 oraz z 2006 r. Nr 50, poz. 360).
5. Uchwała Rady Ministrów Nr 233 z dnia 29 grudnia 2006 r. w sprawie "Krajowego planu gospodarki odpadami 2010 (M.P. z dnia 29 grudnia 2006 r.).
6. Ney R., *Energia odnawialna*, Studia i rozprawy, nr 32, wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków 1993.
7. Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A., *Możliwości wykorzystania odpadów komunalnych jako paliw alternatywnych*, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polska Akademia Nauk, Kraków.
8. Raport PIOŚ, *Stan Środowiska w Polsce*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1998.
9. GUS – *Raport o stanie gospodarki w Polsce 2010*.
10. Pawłowski L., *Utylizacja odpadów niebezpiecznych w piecach cementowych*, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 1997.
11. Poleszak J., *Możliwości obniżenia zużycia energii pierwotnej przez spalanie odpadów*, CWB 4/96.
12. Spacek J., *Alternative fuels and alternative raw materials in Czech Republic*, IV Seminarium Paliwa alternatywne w przemyśle cementowym, Cedzyna 1998.
13. Xeller H., *Utylizacja wtórnych paliw w przemyśle cementowym. Praktyczne zastosowania*, CWB 6/97.
14. Hustain J. E., *Combustion of MSW and RDF in Norway*, Materiały III Międzynarodowej Konferencji „Termiczna Utylizacja Odpadów”, Poznań, 1994.
15. Żygadło M., *Gospodarka odpadami komunalnymi*, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Skrypt nr 346, Kielce 1999.

16. Materiały handlowe firmy Lobbe, *System BRAM przeróbki odpadów komunalnych na paliwo zastępcze dla pieców obrotowych*, International Cement Review, 1988.
17. Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A., *Odpady komunalne jako źródło paliw alternatywnych*, Materiały konferencyjne III Szkoły Gospodarki Odpadami, Ryto 2000.
18. Nowak E., *Unieszkodliwianie odpadów w cementowym piecu obrotowym*, Cement Wapno Gips 2/95.
19. Nowak E., Pawłowski L., Kozak Z., Czopek A., *Paliwo zastępcze z odpadów komunalnych, sposób jego wytwarzania oraz urządzenie do wprowadzania tego paliwa do długiego pieca obrotowego*, Zgłoszenie w UPR nr P-313505/1996. ■

dr inż. Piotr Żach

Pracownik Instytutu Podstaw Budowy Maszyn na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej. Głównie zainteresowania naukowe dotyczą problemów recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji, recyklingu tworzyw sztucznych i kompozytów oraz analizy wytrzymałości konstrukcji wykonanych z tworzyw i kompozytów.



e-mail: pzach@simr.pw.edu.pl

Automation of processes of alternative fuels production

Abstract: This study considers the possibility of using waste energy; authors state that in our country wastes are the great source of energy. In the article the quantities involved and the composition of the various Polish regions were given. The problems resulting from the combustion of alternative fuels – the need for high-performance exhaust gas cleaning equipment and the most common toxic components of exhaust – also were discussed.

Keywords: waste, recycling, alternative fuels, combustion

prof. dr hab. inż. Jerzy Osiński

J. Osiński, urodzony w 1951 roku, zastępca dyrektora Instytutu Podstaw Budowy Maszyn Politechniki Warszawskiej (w latach 1996-2012), obecnie kierownik Zakładu Technik Wytwarzania. Głównie zainteresowania naukowe dotyczą problemów wytrzymałości materiałów i analiz wytrzymałości konstrukcji Metodą Elementów Skończonych. Dodatkowym obszarem zainteresowań są problemy recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji. Jest promotorem dwudziestu rozpraw doktorskich.



e-mail: josinski@ipbm.simr.pw.edu.pl

mgr inż. Przemysław Rumianek

Doktorant na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej – w Instytucie Podstaw Budowy Maszyn. Głównie zainteresowania naukowe dotyczą problemów wytrzymałości materiałów i analiz wytrzymałości konstrukcji Metodą Elementów Skończonych. Dodatkowym obszarem zainteresowań są problemy recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji.



e-mail: przemyslaw.rumianek@gmail.com