

„ZIELONA LOGISTYKA” W UJĘCIU SAMOCHODÓW ELEKTRYCZNYCH

LEJDA Kazimierz, Prof. dr hab. Inż, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska
MADZIEL Maksymilian, Inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska

ЕЛЕКТРОМОБІЛІ З ТОЧКИ ЗОРУ „ЗЕЛЕНОЇ ЛОГІСТИКИ”

ЛЕЙДА Казімеж, Професор, Доктор габілітований, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща
МОНДЗЕЛЬ Максиміліан, Інженер, Жешовська політехніка, Жешув, Польща

“GREEN LOGISTICS” REGARDING ELECTRIC CARS

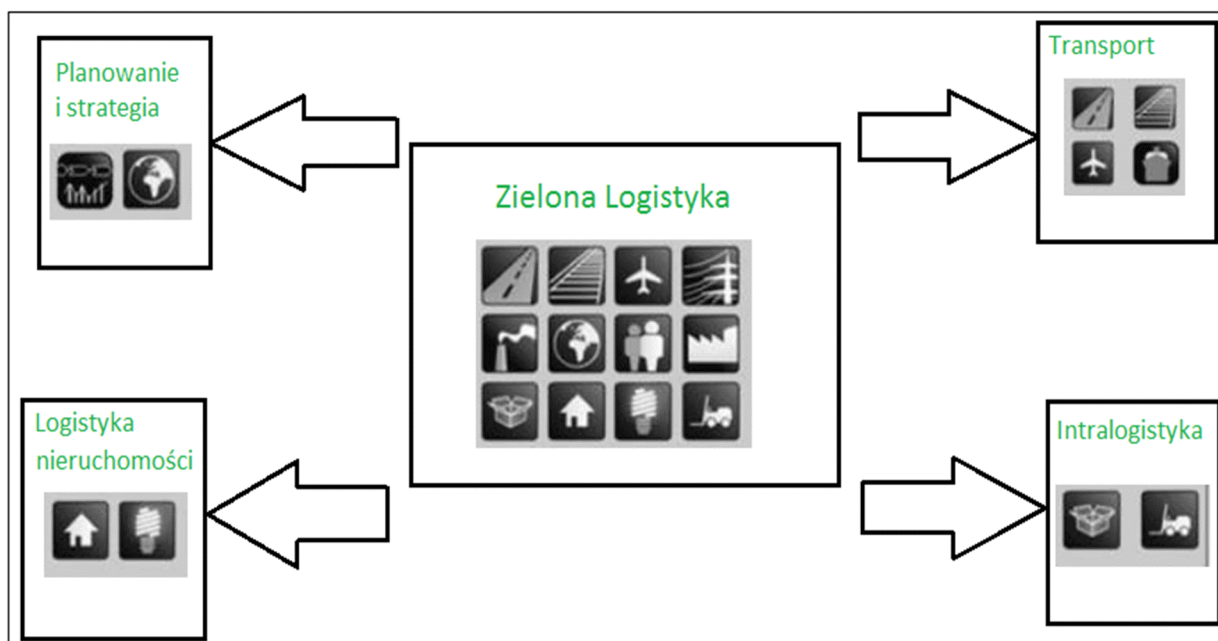
LEJDA Kazimierz, Prof. DSc, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland
MADZIEL Maksymilian, Engineer, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland

Wstęp. Współcześnie zaobserwować można coraz częstsze wdrażanie systemów, które mają na celu powstrzymanie degradacji środowiska naturalnego. W tym kontekście korzystanie z ekologicznych środków transportu jest bardzo istotne. Ważnym problemem na skalę światową jest efekt cieplarniany. Tymczasem pojazdów samochodowych nie ubywa, lecz ich liczba ciągle rośnie, w związku z tym emitują one coraz więcej szkodliwych substancji, powodując niszczenie środowiska naturalnego. Unia Europejska, aby zapobiec wspomnianemu globalnemu problemowi, przygotowała plan na rzecz polepszenia jakości transportu lokalnego. Zawiera on radykalne kroki, dzięki którym transport może stać się efektywniejszy, a co istotne, bardziej przyjazny dla otoczenia. Transport na terenach aglomeracji miejskich ma być bardziej efektywny i zgodny z ogólnie przyjętymi zasadami zrównoważonego rozwoju. W planie tym stawia się m.in. na zwiększenie finansowania badań nad pojazdami o zerowej emisji spalin, a także na poszerzeniu praw osób, które korzystają z transportu publicznego.

W związku z tym, wybór pojazdu napędzanego metodami alternatywnymi staje się koniecznością. Pojazdy wykorzystujące napęd elektryczny są od dawna przedmiotem prac badawczo-rozwojowych w światowych koncernach motoryzacyjnych. Pojazdy te charakteryzują się ogromnym potencjałem ekologicznym, tzn. niskim poziomem hałasu oraz brakiem emisji gazów spalinowych.

„ZIELONA LOGISTYKA”. „Zieloną logistykę” można określić jako formę logistyki, w której oprócz aspektów czysto ekonomicznych bierze się pod uwagę również elementy społeczne i środowiskowe. W przypadku „zielonej logistyki” zastosowanie znajdują wszystkie elementarne zasady logistyczne i dodatkowo uwzględnia się jej wpływ na środowisko naturalne. Wyróżnić można cztery obszary optymalizacji „zielonej logistyki” [2]:

- planowanie i strategia – ekologiczne planowanie sieci, tras i lokalizacji obiektów z uwzględnieniem kryteriów ekologicznych, jak również wszelkich form kooperacji,
- logistyka nieruchomości – głównie skupia się np. na używaniu energooszczędnego ogrzewania, oświetlenia i wentylacji, wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii lub światła dziennego, stosowania izolacji cieplnej itp.,
- transport – emitowanie gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń toksycznych w spalinach potencjalnie może być ograniczone np. poprzez optymalizację tras, rosnącą wydajność transportu, odpowiednie szkolenie kierowców, czy też zlecenie przewozu „ekologicznym” przewoźnikom,
- intralogistyka (zarządzanie przepływem materiałów w całym łańcuchu dostaw) – unikanie zużycia paliwa przez środki transportu napędzane silnikami spalinowymi poprzez bardziej efektywne wykorzystanie technologii przenośników, wózków elektrycznych itp.



Rys. 1. Cztery obszary optymalizacji „zielonej logistyki”

Koncepcja zrównoważonego rozwoju w ekologiczności. „Zielona logistyka” nazywana również ekologicznością, to pojęcie powiązane z „zrównoważonym rozwojem”, czyli użytkowaniem własnych zasobów w sposób jak najbardziej ekologiczny i efektywny. Tendencja ta powstała z potrzeby dbania o środowisko naturalne, które boryka się ze wzrostem zużycia energii, emisji gazów cieplarnianych, odpadów komunalnych oraz ogromnych ilości zużytych produktów powszechnego użytku (zwłaszcza elektronicznych).

Koncepcję zrównoważonego rozwoju realizować można na każdym polu działania przedsiębiorstwa. Zauważono bowiem, iż wprowadzając w obszarze logistyki stosowne zmiany, można zadbać o mniejsze zużycie energii, czy też niższą emisję zanieczyszczeń. Poza tym kryzys, który przebiegł inaczej w poszczególnych krajach, sprawił znaczne zakłócenia w globalnym łańcuchu dostaw ze względu na zanik lub osłabienie niektórych ogniw. Potrzeba oddalenia ryzyka wzrostu załamania się bieżących systemów procesów logistycznych doprowadziła do powrotu działań, nad którymi prościej było pełnić kontrolę, tzn. skoncentrowania się na problemach lokalnych.

Rynek w większości opanował ideę zrównoważonego rozwoju i trendy ekologiczne. Konsumenci rozpoczęli traktować te działania jako kryterium decydujące o wyborze usług i produktów. Coraz więcej przedsiębiorstw zaczęło zdawać sobie sprawę, iż lepsze spożytkowanie własnych zasobów stwarza przewagę konkurencyjną.

Firmy, w których logistyka odgrywa istotną rolę, stanęły obecnie przed dużym wyzwaniem. Nawiązując do wytycznych „zielonej logistyki” przedsiębiorstwa, które działają w obszarze logistyki, swoim działaniem powinny nade wszystko obniżyć emisję CO₂. Cel ten można osiągnąć np. poprzez optymalizację związaną z wykorzystywaniem floty samochodowej, którymi dysponują, ograniczając między innymi „puste przebiegi”.

Problem emisji CO₂ do atmosfery z roku na rok nabiera znaczenia. W sferze logistyki transportu, w której powstaje ok. 5,5% globalnej emisji spalin, zminimalizowanie tzw. śladu węglowego w obszarze całego łańcucha dostaw staje się zasadniczym wyzwaniem w nadchodzącej dekadzie [1]. Ostatnio częściej zapomina się, że zamiast prowadzić bezustanną walkę ze skutkami zbyt dużej emisji szkodliwych substancji, powinno się likwidować jej przyczyny, czyli wybierać takie rozwiązania, które będą zasadniczo ograniczały wzrost stężenia toksycznych składników w środowisku naturalnym. Jako przykład takiego podejścia można uznać wprowadzenie do eksploatacji pojazdów o alternatywnych źródłach napędu [3].

Pojazdy elektryczne a spalinowe. Przez wiele lat silniki spalinowe służyły i nadal są wykorzystywane jako źródło napędu dla pojazdów, jednakże w związku z rozwojem techniki nadszedł czas na poszukiwanie nowatorskich, lepszych technologii umożliwiających przemieszczanie. Mimo tego, że napęd elektryczny został wprowadzony jako pierwszy w pojazdach, nie znalazł jednak uznania i na blisko 100 lat został on wyparty na rzecz silników spalinowych [4]. Aktualnie, coraz więcej mówi się o zamianie

napędu spalinowego na napęd elektryczny. Współcześnie, choć wciąż drogie pojazdy z napędem elektrycznym, zaczynają się pojawiać, szczególnie w aglomeracjach miejskich.

Spośród najważniejszych zalet napędów elektrycznych używanych w samochodach wymienia się [6]:

- niski koszt eksploatacji,
- prostą konstrukcję,
- małe ryzyko eksplozji w przypadku wypadku,
- brak emitowanych zanieczyszczeń,
- cichą pracę,
- możliwość odzysku energii podczas hamowania,
- wysoki moment obrotowy,
- wysoką sprawność konwersji energii (powyżej 90%).

Większość zalet wynikających z zastosowania napędu elektrycznego nie ulega wątpliwości. Współczesne silniki elektryczne posiadają sprawność sięgającą 90%, natomiast najnowszej generacji uzyskują nawet 98% sprawności. Są one jednak bardzo kosztowne i rzadziej stosowane w pojazdach samochodowych. Warto zauważyć, iż sprawność ogólna pojazdu z napędem elektrycznym wynosi ok. 75-80% [4]. Podczas podawania kosztów eksploatacji takiego pojazdu producent najczęściej nie uwzględnia w kalkulacjach wymiany drogich akumulatorów, które zużywają się po 8-10 latach, stąd też podana sprawność ma raczej aspekt marketingowy. Szczegółowsze analizy wykazują, że różnice występujące między dwoma rodzajami napędów istnieją, ale nie są tak duże.

Emisja zanieczyszczeń z silników spalinowych według norm UE. Koniec ubiegłego wieku w sektorze energetycznym oznaczał wprowadzenie coraz większych restrykcji wobec emisji spalin z dużych bloków energetycznych. Spowodowało to również uwypuklenie problemu znacznego zanieczyszczenia powodowanego przez przemysł motoryzacyjny. Wskutek tego powstały przepisy regulujące ilość toksycznych składników spalin generowanych przez pojazdy samochodowe.

Aktualnie, wszystkie nowe pojazdy posiadające silniki spalinowe objęte są normami Unii Europejskiej. Regulacjami prawnymi objęte są samochody ciężarowe, osobowe, pociągi, maszyny rolnicze, autobusy, barki, z wyłączeniem samolotów i statków morskich. Dla każdego rodzaju pojazdów istnieją oddzielne przepisy. Dotyczą one emisji niespalonych węglowodorów HC, tlenków azotu NO_x , tlenku węgla CO oraz ilości cząstek stałych PM.

Dla lekkich samochodów osobowych i dostawczych, od 2009 r. obowiązuje Dyrektywa 2007/715/EC, powszechnie znana jako EURO 5. Rząd Polski planuje wdrożyć zatwierdzoną przez Parlament Europejski Dyrektywę dotyczącą EURO 6 w latach 2014-2015 [5].

Emisja toksycznych składników spalin związana z konwertowaną energią do pojazdów elektrycznych. Na terenie Polski zasadniczą rolę w wytwarzaniu energii elektrycznej odgrywają konwencjonalne elektrownie, zasilane węglem brunatnym lub kamiennym. Pokrywają one blisko 90% zapotrzebowania na krajową energię. Trwają jednak intensywne starania nad zwiększeniem udziału odnawialnych źródeł energii. Zamyśl ten jest jednak długoterminowy, dlatego aktualnie za podstawowe źródło energii elektrycznej uznaje się klasyczne bloki energetyczne (parowe).

Rzeczywistość ta powoduje, iż energia elektryczna zużywana do napędu pojazdów związana jest z globalną emisją zanieczyszczeń, jakie emituje elektrownia. Wymogi emisyjne, jakie są nałożone na energetykę zawodową, powodują sukcesywne zmniejszanie zanieczyszczeń. Bardzo rozwinięte układy oczyszczania spalin w elektrowniach powodują, że aktualna emisja z bloków energetycznych nie jest już tak wysoka. W tabeli 1 zawarto wielkości emitowanych do atmosfery związków w Elektrowni Bełchatów.

Tabela 1. Wielkość emisji w roku 2012 w wyniku spalania paliw w Elektrowni Bełchatów [8]

	Emisja całkowita z produkcji energii elektrycznej brutto
	kg/MWh
SO ₂	2,678
NO _x	1,342
pył	0,049
CO	0,383
CO ₂	1096

Uwzględniając całkowity łańcuch konwersji energii (zawartej w paliwie energii chemicznej zamienionej na pracę mechaniczną) można dokonać porównania emisji zanieczyszczeń do atmosfery z obu rodzajów napędów.

Ilość wyemitowanych składników toksycznych spalin w trakcie przejechania jednego kilometra przez samochody z tradycyjnym napędem nie może być wyższa niż wartości normatywne zawarte w tabeli 2. Biorąc pod uwagę samochód średniej klasy z napędem elektrycznym (np. Nissan Leaf), charakteryzujący się niskim zużyciem energii (0,15 kWh/km) i uwzględniając straty wynikające z przesyłania energii elektrycznej z elektrowni oraz straty przechowywania energii w akumulatorze, można otrzymać całkowitą energię potrzebną na przejechanie jednego kilometra drogi [7].

Straty wynikające z przesyłania energii z elektrowni do odbiorcy wraz ze stratami akumulacji i ładowania prezentują się następująco:

- sprawność ładowarki $\eta_{lad} - 95\%$,
- sprawność transformatora sieci konsumenckiej $\eta_{transk} - 90\%$,
- sprawność akumulatora $\eta_{aku} - 90\%$,
- sprawność sieci wysokonapięciowej $\eta_{siecwn} - 90\%$,
- sprawność transformatora na 15 kV $\eta_{tans15} - 90\%$.

Sprawność całkowitą akumulowania i przesyłania energii obliczyć można wg następującego wzoru:

$$\eta_{calkowita} = \eta_{lad} \cdot \eta_{transk} \cdot \eta_{aku} \cdot \eta_{siecwn} \cdot \eta_{tans15} = 62,32 \% \quad [1]$$

Oznacza to, iż ilość wytworzonej energii jest o $1/\eta_{calkowita} = 1,6$ razy większa od wykorzystanej w samochodach elektrycznych. Sprawia to, że elektrownia potrzebuje wytworzyć 0,24 kWh, aby samochód mógł przejechać jeden kilometr. Znając ilość emisji powstającej w czasie wytworzenia jednego kWh energii [tabela 1] możliwe jest obliczenie emisji toksycznych składników spalin przez pojazd z napędem elektrycznym [tabela 3].

Tabela 2. Emisja drogowa spalin z pojazdów napędzanych elektrycznie oraz normy EURO dla pojazdów spalinowych

		ważne od	CO [g/km]	HC [g/km]	NOx [g/km]	HC+Nox [g/km]	PM [g/km]
silnik Diesla	EURO I	12/1992	3,16	-	-	1,13	0,14
	EURO II	01/1997	1	0,15	0,55	0,7	0,08
	EURO III	01/2000	0,64	0,06	0,5	0,56	0,05
	EURO IV	01/2005	0,5	0,05	0,25	0,3	-
	EURO V	09/2009	0,5	0,05	0,18	0,23	0,005
	EURO VI	08/2014	0,5	0,09	0,08	0,17	0,005
silnik benzynowy	EURO I	12/1992	2,72	-	-	0,97	-
	EURO II	01/1997	2,2	-	-	0,5	-
	EURO III	01/2000	2,3	0,2	0,15	-	-
	EURO IV	01/2005	1	0,1	0,08	-	-
	EURO V	09/2009	1	0,1	0,06	-	0,005
	EURO VI	08/2014	1	0,1	0,06	-	0,005
silnik elektryczny	-	-	0,091	-	0,322	-	0,01176

W tabeli 2 pokazano emisję wytworzoną na skutek korzystania z pojazdu elektrycznego i zestawiono ją z normami unijnymi pojazdów spalinowych. Całkowity bilans energii (w aspekcie emisji toksycznych składników spalin potrzebnych do wytworzenia owej energii) związany z napędem elektrycznym pozwoliłby spełnić normę EURO 3.

Tabela 3. Emisja spalin przeliczona na jeden kilometr drogi pokonanej przez samochód z napędem elektrycznym

	Emisja z produkcji energii elektrycznej brutto	Zużycie energii przez Nissan Leaf	Emisja pojazdu (bez uwzględnienia sprawności)	Sprawność procesu przesyłania i akumulacji energii	Emisja pojazdu (uwzględniająca całkowitą sprawność)
	g/kWh	kWh/km	g/km	%	g/km
SO ₂	2,678	0,15	0,4017	62,3	0,642
NOx	1,342		0,2013		0,322
PM	0,049		0,00735		0,01176
CO	0,383		0,05745		0,091
CO ₂	1096		164,4		263,04

Wielu producentów pojazdów elektrycznych nie wykazuje ilości toksycznych składników spalin, gdyż w sposób bezpośredni emisja zanieczyszczeń nie jest powiązana z tymi samochodami. Można jednak zauważyć pewien wyjątek, jakim jest produkcja CO₂. Stanowi to według producentów argument, iż niska emisja tego składnika przez ich pojazdy wpływa na zmniejszenie efektu cieplarnianego. W dyrektywach EURO, związanych z limitami dwutlenku węgla dla pojazdów spalinowych, CO₂ nie był normowany. Mimo tego koncerny zamieszczają informacje dotyczące emisji CO₂ dla ich pojazdów spalinowych. Jednym z nich jest Opel, który umieścił dane związane ze swoimi modelami, jak np. dla Astry Station Wagon (silnik 1,9 CDTI o mocy 100 KM, emisja CO₂/km wynosi 149-154 g). Porównując te dane do tabeli 3, można zauważyć, że emisja dla pojazdu elektrycznego nie jest niższa. W związku z tym argument związany z niską emisją dwutlenku węgla przez pojazdy elektryczne nie ma uzasadnienia.

Zastosowanie napędu elektrycznego ma sens w aspekcie społecznym, gdyż używanie go na większą skalę pozwoliłoby na przesunięcie zanieczyszczenia miast na obszary elektrowni, która jest najczęściej oddalona od terenów mieszkalnych. W tym aspekcie niewątpliwie mogłoby to mieć wpływ na poprawę komfortu życia mieszkańców w miastach.

Biorąc pod uwagę fakt, iż na terytorium Polski zarejestrowanych jest aktualnie ponad 18 mln samochodów, a średni roczny przebieg samochodu w Polsce wynosi ok. 16 tys. kilometrów, okazuje się, że aby wymienić pojazdy z napędem tradycyjnym na elektryczny (np. Nissan Leaf), należałoby zwiększyć roczną produkcję energii o ponad 56 TWh.

Ta liczba stanowi ok. 1/3 aktualnej produkcji energii elektrycznej brutto. Z tego względu, iż konsumpcja energii na potrzeby gospodarki rośnie, może to stanowić duże wyzwanie dla polskiej energetyki, nawet w przypadku najbliższych 15-20 lat. Warto również zauważyć, że liczba pojazdów z roku na rok w Polsce wzrasta.

Podsumowanie. Zainteresowanie tematyką „zielonej logistyki” w ostatnich latach sukcesywnie rośnie ze względu na zbyt dużą emisję toksycznych składników spalin do środowiska naturalnego. Wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań mogłoby się przyczynić m.in. do:

- wytwarzania jak najmniejszej liczby odpadów,
- minimalizacji szkodliwego oddziaływania na środowisko,
- zrównoważonego wykorzystywania zasobów,
- prowadzenia recyklingu odpadów.

W niniejszej pracy poruszono kwestię jednego z rozwiązań ekologii, jakim jest napęd elektryczny używany w pojazdach samochodowych. Napęd elektryczny może polepszyć komfort życia a nawet mieć pozytywny wpływ na cały ekosystem, jednak wydaje się, iż ta technologia wymaga jeszcze prac prowadzących do zwiększenia jej efektywności. Pomóc w tym znacznie mogłyby systemy produkcji energii z odnawialnych źródeł, które wciąż w Polsce są na początkującym etapie. Najlepszym rozwiązaniem byłoby wytwarzanie potrzebnej energii (z odnawialnych źródeł) już u samego odbiorcy, co wpłynęłoby na zmniejszenie strat związanych z przesyłaniem energii na spore odległości. Aktualnie, całościowy bilans produkcji i przesyłu energii do użytkownika samochodu elektrycznego wykazuje wyraźnie, że korzyści dla środowiska naturalnego nie są jednoznacznie przekonywujące.

LITERATURA

- [1] Brdulak H.: Logistyka przyszłości. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2012.
- [2] Korzeń Z.: Ekologistyka. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2001.
- [3] Pawłowska B.: Zrównoważony rozwój transportu na tle współczesnych procesów społeczno-gospodarczych. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2013.
- [4] Polakowski K.: Samochody elektryczne pojazdami najbliższej przyszłości? Prace Instytutu Elektrotechniki, Warszawa 2011.
- [5] Trzensik E., Światłoń M.: Wpływ implementacji norm emisji spalin EURO 5 i EURO 6 na przemysł motoryzacyjny, w aspekcie wdrażania nowych technologii i wzrostu kosztów eksploatacji pojazdów. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.
- [6] Wójtowicz S.: Pojazdy elektryczne i sieci Smart Grid. Instytut Elektrotechniki, Warszawa 2011.
- [7] Materiały producenta Nissan Leaf:
<http://www.nissanusa.com/ev/media/pdf/specs/FeaturesAndSpecs.pdf>
- [8] Strona internetowa Elektrowni Belchatów: <http://www.elbelchatow.pgeick.pl/>

STRESZCZENIE

LEJDA Kazimierz . „Zielona logistyka” w ujęciu samochodów elektrycznych /LEJDA Kazimierz, MĄDZIEL Maksymilian // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. – K. : NUT, 2014. - № 30.

W artykule przedstawiono zagadnienia związane z pojęciem „zielonej logistyki” oraz zawarto ogólną charakterystykę pojazdów elektrycznych i zaprezentowano normy emisji spalin dotyczące silników samochodowych. Porównana została rzeczywista emisja toksycznych składników na przykładzie wybranego pojazdu elektrycznego w relacji do norm stawianych pojazdom spalinowym. Całość rozważań została podsumowana.

РЕФЕРАТ

ЛЕЙДА Казімеж. Електромобілі з точки зору „зеленої логістики”/ ЛЕЙДА Казімеж, МОНДЗЕЛЬ Максиміліан // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2014. - Вип. 30.

У статті представлені питання, пов’язані з поняттям «зеленої логістики», а також подана загальна характеристика електромобілів і розглянуті норми викидів відпрацьованих газів автомобільних двигунів. Порівнювалися фактична токсичність відпрацьованих газів на прикладі обраного електричного транспортного засобу з установленими нормами для транспортних засобів із двигунами внутрішнього згорання. Вказано результати розрахунків.

SUMMARY

LEJDA Kazimierz. “Green logistics” regarding electric cars / LEJDA Kazimierz, MADZIEL Maksymilian // Visnyk of the National Transport University. - K.: NTU, 2014. - № 30.

The article presents the issues related to the concept of green logistics, and general characteristics of electric vehicles and issues relating to emission standards for combustion engines. Moreover was compared actual emissions of toxic compounds on the example of selected electric vehicle to standards posed an internal combustion vehicles. The whole discussion was summarized respectively.

AUTORZY:

LEJDA Kazimierz, Prof. dr hab. inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. PowstańcówWarszawy 12,tel.: +48 17 865 1100,35-959,Rzeszów, Polska

MADZIEL Maksymilian inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. PowstańcówWarszawy 12,tel.: +48 17 865 1100,35-959,Rzeszów, Polska

АВТОРИ:

ЛЕЙДА Казімеж, Професор, Доктор габілітований, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100,35-959,Жешув, Польща

МОНДЗЕЛЬ Максиміліан, Інженер,Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згорання і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100,35-959,Жешув, Польща

AUTHORS:

LEJDA Kazimierz, Prof. DSc, Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100,35-959, Rzeszow, Poland

MADZIEL Maksymilian, inż.,Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100,35-959, Rzeszow, Poland

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор,Національний Транспортний Університет, завідувач кафедри екології і безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

Корпач А.О., кандидат технічних наук, Національний Транспортний Університет, професор кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Mateichyk V.P., Doctor of Sciences,Professor, National Transport University, Head of Department of Ecology and Safety of Vital Functions, Kyiv, Ukraine.

Korpach A.O, Candidate of Sciences, National Transport University, Professor of Department of Engines and Heating Engineering, Kyiv, Ukraine.