

Martynika Pałuchowska, Delfina Rogowska

Instytut Nafty i Gazu, Kraków

Wpływ bioetanolu na nieaddytywne właściwości benzyny silnikowej

W artykule poruszony został problem wpływu dodatku 10% (V/V) bioetanolu na nieaddytywne właściwości benzyn silnikowych. Dotyczy to szczególnie takich parametrów jak liczby oktanowe, skład frakcyjny i prężność par. Na podstawie wyników oznaczeń stwierdzono, że etanol w mieszankach benzynowych powoduje wzrost ich liczb oktanowych nawet o 2,9 jednostki. Zaobserwowano również wpływ dodatku etanolu na parametry destylacji benzyn: E70 (przyrost nawet o 19,1% (V/V)) i E100 (maksymalny przyrost to 6,2% (V/V)). W artykule omówiony został także problem zmian prężności par benzyn silnikowych w zależności od właściwości bazy węglowodorowej i udziału etanolu. Podano też przykładowy model matematyczny służący do obliczania prężności par mieszaniny benzyny bazowej i etanolu.

Bioethanol impact on non-linear properties of the petrol

In the article, the problem of an impact of 10% (V/V) bioethanol on nonadditive properties of gasoline has been brought up. Specifically, it refers to such parameters as octane numbers, distillation and vapor pressure. Based on experiments' results, it was noticed that ethanol in gasoline blends causes increase in octane number even by 2.9 units. An impact of adding ethanol has also been noticed on E70 parameters (increase even by 19.1% (V/V)) and E100 (max. increase up to 6.2% (V/V)). Also in the article the problem of changes in vapor pressures depending on hydrocarbon base properties and ethanol content was mentioned. A sample mathematical model used for calculating final vapor pressure of base gasoline and ethanol mixture has also been presented.

Wstęp

Zakład Paliw i Procesów Katalitycznych Instytutu Technologii Nafty, a obecnie Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie, zakresem swojej tematyki badawczej obejmuje technologie wytwarzania paliw i biopaliw do silników o zapłonie iskrowym. Problemami związanymi z zastosowaniem związków tlenowych w benzynie silnikowej Zakład Paliw i Procesów Katalitycznych zajmuje się od przeszło dwudziestu lat. W latach 80. pierwsze technologie benzyn silnikowych opracowane przez Zakład dotyczyły zastosowania eteru metylo-tert-butylowego w benzynie silnikowej; zarówno niskoołowiowej jak i bezołowiowej. Na przełomie lat 80. i 90. Zakład Paliw i Procesów Katalitycznych opracował technologię produkcji niskoołowiowych benzyn silnikowych z udziałem bioetanolu, które powstały w związku z włączaniem się polskich producentów paliw w sukcesywne obniżanie zawartości ołowiu w benzynach silnikowych. Wykorzystanie do produkcji benzyn nowych komponentów, jakimi były związki tlenowe, w tym bioetanol, rekompensowało niedobór oktanowy spowodowany wycofaniem związków ołowiu. Dla potrzeb produkcji i stosowania bioetanolu jako komponentu benzyny silnikowej Zakład Paliw i Procesów

Katalitycznych uczestniczył w opracowywaniu norm jakościowych ZN-96/MPiH/NF-217 na etanol paliwowy BIOETANOL B-80 i ZN/MGiPS/NF-214/2003 na etanol paliwowy BIOETANOL, a także normy PN-92/C-96025 dla różnych gatunków benzyn silnikowych oraz dalszych jej wersji, które dawały możliwość stosowania związków tlenowych do produkcji w Polsce benzyn niskoołowiowych i bezołowiowych. Technologie benzyn silnikowych z bioetanolem, wdrażane do produkcji u krajowych producentów paliw przez Instytut, były także związane z ustaleniem odpowiednich wymagań jakościowych, w randze normy. Stąd dla benzyny niskoołowiowej E94E została opracowana norma ZN-92/MPiH/NF-207, a dla benzyny bezołowiowej Super Plus 98 norma ZN-94/MPiH/NF-212. Na podstawie normy ZN/MGiPS/NF-214/2003 zostały ustalone aktualnie obowiązujące w Polsce wymagania dla bioetanolu paliwowego, zawarte w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z 19 października 2005 roku w sprawie wymagań jakościowych dla biokomponentów oraz metod badań jakości biokomponentów. Warto w tym miejscu wspomnieć, że Zakład Paliw i Procesów Katalitycznych Instytutu, we współpracy

z krajowymi producentami paliw i bioetanolu, przyczynił się do ustanowienia standardu jakości – zarówno dla bioetanolu jak i benzyn silnikowych z jego udziałem – na kilkanaście lat przed opracowaniem w Unii Europejskiej normy jakościowej dla tego biokomponentu. Norma europejska określająca jakość bioetanolu (EN 15376) została wydana dopiero w 2007 roku, a przy

jej ustanawianiu brano pod uwagę m.in. polską normę ZN/MGiPS/NF-214/2003.

Niniejszy artykuł podsumowuje kolejne prace badawcze realizowane przez Zakład Paliw i Procesów Katalitycznych w zakresie stosowania bioetanolu, jako komponentu paliw przeznaczonych do zasilania silników o zapłonie iskrowym.

Problem nieaddytywności właściwości benzyn silnikowych

Wieloletnie doświadczenia wielu krajów świata, w tym Brazylii, USA, a także Szwecji i Polski, w stosowaniu bioetanolu jako komponentu benzyn silnikowych wskazują, że niektóre właściwości etanolu stwarzają określone problemy [1, 5]. W benzynie silnikowej mieszane są ze sobą frakcje węglowodorowe o różnym składzie grupowym, a także związki tlenowe. Ich zmieszanie może powodować, że dana właściwość mieszaniny jest różna, niż wynikałoby to z bezpośredniego wyliczenia sumy iloczynów udziałów objętościowych poszczegól-

nych frakcji i ich właściwości fizykochemicznych. Takie zjawisko nazywane jest nieaddytywnością. Oznacza to, że w pewnych przypadkach właściwości benzyny bazowej, która jest przygotowywana do wkomponowywania bioetanolu, mogą wymagać korekty, aby w końcowym wyniku uzyskać paliwo odpowiadające wymaganiom. Poniżej pokrótce omówiono niektóre nieaddytywne właściwości mieszanin bioetanolu z bazową benzyną silnikową (liczby oktanowe i parametry lotnościowe – skład frakcyjny i prężność par).

Liczby oktanowe benzyny silnikowej zawierającej bioetanol

Liczby oktanowe benzyny silnikowej (badawcza – LOB i motorowa – LOM) są jednymi z najważniejszych nieaddytywnych właściwości benzyn silnikowych. Według [5, 9] wkomponowanie 10% (V/V) etanolu (EtOH) do benzyny węglowodorowej zwiększy o 2-3 jednostki jej indeks oktanowy (LOB+LOM)/2. Wzrost oktanowy mieszaniny jest uzależniony od liczb oktanowych i składu bazy węglowodorowej paliwa. Dla liczby oktanowej badawczej (LOB) wzrost ten jest większy niż dla liczby oktanowej motorowej (LOM) [9]. Wartość liczby blendingowej etanolu, często powoływana w literaturze, oscyluje wokół wartości 129 jednostek dla liczby LOB i 96 jednostek dla liczby LOM. Dla tych liczb oktanowych indeks oktanowy wynosi 112,5 jednostek [9]. W badaniach Instytutu Nafty i Gazu [8], które przeprowadzono dla różnych zawartości bioetanolu w mieszaninie z benzynami węglowodorowymi, zastosowano formuły tych benzyn typowe dla rozbudowanego schematu technologicznego rafinerii ropy naftowej. Benzyny bazowe (bb95) różniły się między sobą zawartością frakcji C₄, najlżejszych frakcji węglowodorowych (0, 2 i 5% C₄), stosowanych do komponowania benzyn. Badano zawartość bioetanolu w formulacjach na poziomach 5, 8 i 10% (V/V). Zależność uzyskanych wartości liczb oktanowych od zawartości bioetanolu oraz wartości uzyskanych przez

bioetanol liczb blendingowych w benzynie bazowej przedstawiono poniżej w tablicy 1.

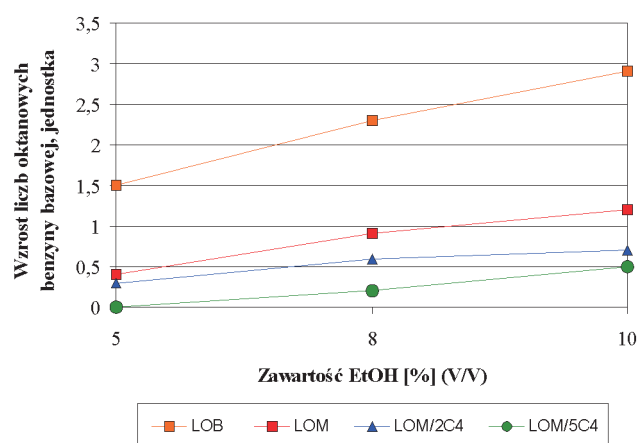
Wartość liczb oktanowych badawczych benzyny bazowej wzrastała, w zależności od udziału bioetanolu w formule, w granicach od 1,5-2,9.

Wartość liczb oktanowych motorowych benzyny bazowej w mniejszym stopniu zależała od udziału bioetanolu w benzynie bazowej i największe jej przyrosty zaobserwowano dla benzyny bazowej niezawierającej frakcji C₄.

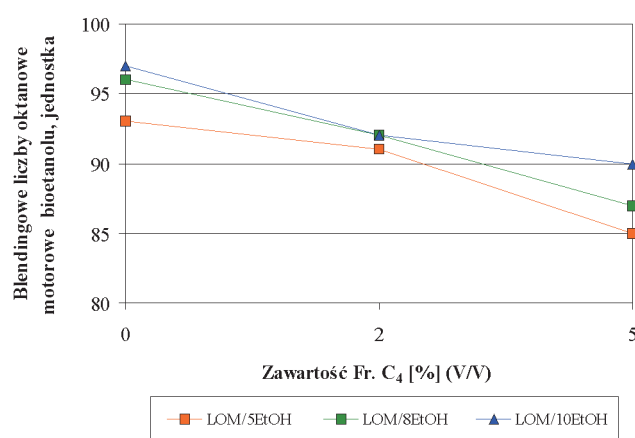
Wyniki przeprowadzonych badań wskazywały, że bioetanol – w zależności od jego udziału w benzynie bazowej i niezależnie od zawartości w benzynie frakcji C₄ – uzyskiwał wartości blendingowe liczb oktanowych badawczych w zakresie od 121 do 127 jednostek (średnia wartość LOB – 124 jednostki). Wprowadzanie w skład benzyny frakcji C₄, przy wzrastających udziałach bioetanolu, powodowało obniżanie się jego liczb oktanowych motorowych, przy czym niższe wartości (85-91 jednostek) uzyskano dla 5% (V/V) zawartości EtOH, a wyższe (90-92 jednostki) dla 10% (V/V) EtOH. Na rysunku 1 przedstawiono przyrost liczb oktanowych benzyny bazowej w zależności od udziału bioetanolu i frakcji C₄, a na rysunku 2 – wzrost blendingowych liczb oktanowych motorowych bioetanolu w zależności od udziału frakcji C₄.

Tablica 1. Wpływ udziału bioetanolu na liczby oktanowe benzyny bezołowiowej 95

Właściwości oktanowe:	bb95	bb95	bb95/ 2C ₄	bb95/ 5C ₄	bb95/ 2C ₄	bb95/ 5C ₄	bb95/ 2C ₄	bb95	bb95/ 2C ₄	bb95/ 5C ₄
	bez EtOH	5% (V/V) EtOH			8% (V/V) EtOH			10% (V/V) EtOH		
LOB doświadczalny	94,7	96,2	96,3	96,2	97,0	97,1	97,0	97,6	97,6	97,3
Wzrost LOB (LOB _{dośw. z EtOH} – LOB _{dośw. bez EtOH})	-	+1,5	+1,6	+1,6	+2,3	+2,4	+2,3	+2,9	+2,9	+2,6
LOB zmieszania dla bioetanolu	-	125	127	125	123	125	123	124	124	121
LOM doświadczalny	84,8	85,2	85,1	84,8	85,7	85,4	85,0	86,0	85,5	85,3
Wzrost LOM (LOM _{dośw. z EtOH} – LOM _{dośw. bez EtOH})	-	+0,4	+0,3	0,0	+0,9	+0,6	+0,2	+1,2	+0,7	+0,5
LOM zmieszania dla bioetanolu	-	93	91	85	96	92	87	97	92	90

**Rys. 1.** Przyrost liczb oktanowych benzyny bazowej w zależności od udziału bioetanolu i frakcji C₄

Biorąc pod uwagę powyższe wyniki badań należy zauważyć, że przygotowanie formuły benzyny bazowej dla wkomponowania bioetanolu wymaga zastosowania takich komponentów węglowodorowych, aby uzyskać

**Rys. 2.** Zmiana blendingowych liczb oktanowych motorowych bioetanolu

odpowiednią liczbę oktanową motorową. Liczba oktanowa motorowa benzyn silnikowych z udziałem bioetanolu będzie dla tych formuł parametrem krytycznym.

Parametry lotnościowe benzyny silnikowej z udziałem bioetanolu

Lotność łączy ze sobą dwa istotne dla stabilnej pracy silnika samochodowego parametry: skład frakcyjny i prężność par.

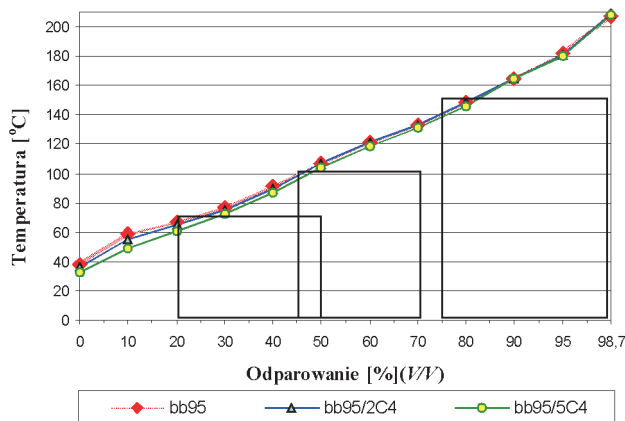
Określone punkty krzywej składu frakcyjnego mają zasadnicze znaczenie przy ocenie właściwości eksploatacyjnych benzyny silnikowej. Frakcje rozruchowe (E70) związane są z rozruchem zimnego silnika. Frakcje robocze (E100 i E150) wpływają na szybkość nagrzewania się silnika i regularność jego pracy. Frakcje pozostałościowe (temperatura końca destylacji) wskazują na zawartość najcięższych składników benzyny. Od wartości prężności par benzyny zależy zarówno łatwy rozruch zimnego silnika, jak i możliwość powstania korków parowych

w układzie paliwowym samochodu. Parametr ten ma również bezpośredni wpływ na emisję węglowodorów na skutek parowania. Sezonowe sterowanie parametrami lotnościowymi benzyny silnikowej, czyli wartością prężności par benzyny oraz jej procentem odparowania do temperatury 70°C, jest niezbędne ze względu na warunki klimatyczne danego kraju.

Skład frakcyjny benzyn bazowych

Badaniu składu frakcyjnego poddano benzynę bazową bb95 nie zawierającą najlżejszych frakcji węglowodorowych C₄ oraz benzyny bazowe bb95/2C₄ i bb95/5C₄ o różnej zawartości najlżejszych frakcji

węglowodorowych C₄. Poniżej na rysunku 3 przedstawiono przebieg krzywej destylacji badanych benzyn bazowych.



Rys. 3. Skład frakcyjny benzyny silnikowej bb95

Krzywa składu frakcyjnego benzyny bb95 reprezentuje przebieg charakterystyczny dla benzyny bazowej, przygotowanej dla wkomponowania bioetanolu. Dlatego też punkty E70 i E100 posiadały graniczne dolne wartości. Wkomponowanie frakcji C₄ do benzyny bazowej bb95 w ilości 2% (V/V) i 5% (V/V) spowodowało poprawę ilości odparowania paliwa głównie do 70°C.

Skład frakcyjny benzyn z bioetanolem

Z reguły dodanie do bazowej benzyny węglowodorowej bioetanolu powoduje procentowy wzrost odparowania paliwa do 70°C (E70), pomimo, że temperatura wrzenia bioetanolu wynosi 78°C, a także pro-

centowy wzrost odparowania paliwa do 100°C (E100). W zależności od składu komponentowego benzyny bazowej, a w szczególności od udziału w niej lekkich frakcji węglowodorowych typu C₄-C₅, wprowadzenie bioetanolu spowoduje, że mogą wystąpić problemy z utrzymaniem na odpowiednim poziomie parametrów E70 oraz E100.

Do badanych benzyn bazowych bb95, bb95/2C₄ i bb95/5C₄ dodano bioetanol w ilości od 5-10% (V/V) i poddano analizie skład frakcyjny. Wyniki, w postaci przyrostu wartości parametrów E70 i E100 w stosunku do wartości uzyskanych dla benzyn bazowych, podano w tabelicy 2.

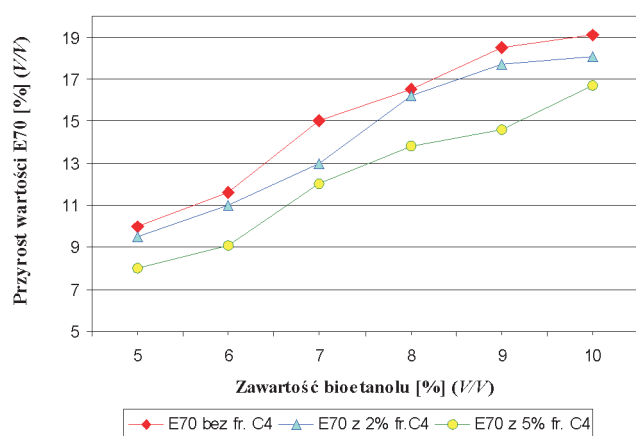
Na rysunkach 4 i 5 zilustrowano przyrost E70 i E100 osiągnięty dla benzyny bazowej bb95 w zależności od ilości wkomponowanego bioetanolu (5-10%).

Analiza wyników oznaczeń E70 i E100 wskazywała na systematyczny przyrost procentu odparowania benzyny, w miarę dodawania do niej bioetanolu. Bioetanol, pomimo temperatury wrzenia 78°C, wykazał niezwykle silny wpływ na ilość paliwa odparowującego do 70°C, przy czym wpływ ten na E70 był najsilniejszy dla benzyny bazowej bez udziału frakcji C₄ i w zależności od udziału bioetanolu wynosił 10,0-19,1% (V/V). W miarę wzrostu udziału frakcji C₄, w mieszaninie obserwowano zmniejszanie się przyrostu E70, natomiast wzrost zawartości bioetanolu w zakresie od 5% do 10% (V/V) powodował jego zwiększenie.

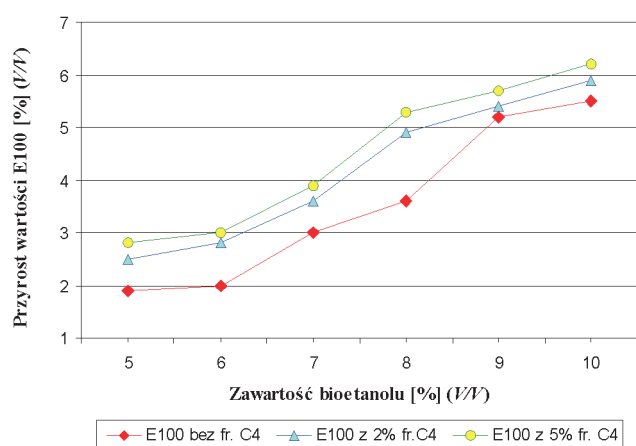
Wpływ bioetanolu na wielkość odparowania paliwa do 100°C (E100) był dużo niższy, lecz również

Tablica 2. Przyrost wartości E70 i E100 benzyny bezołowiowej 95 w zależności od udziału bioetanolu

bb95	bb95	bb95/ 5EtOH	bb95/ 6EtOH	bb95/ 7EtOH	bb95/ 8EtOH	bb95/ 9EtOH	bb95/ 10EtOH
$E70_{bb95/EtOH} - E70_{bb95} [\%] (V/V)$	23,2	10,0	11,6	15,0	16,5	18,5	19,1
$E100_{bb95/EtOH} - E100_{bb95} [\%] (V/V)$	45,5	1,9	2,0	3,0	3,6	5,2	5,5
bb95/2C ₄	bb95/2C ₄	bb95/2C ₄ / 5EtOH	bb95/2C ₄ / 6EtOH	bb95/2C ₄ / 7EtOH	bb95/2C ₄ / 8EtOH	bb95/2C ₄ / 9EtOH	bb95/2C ₄ / 10EtOH
$E70_{bb95/2C4/EtOH} - E70_{bb95/2C4} [\%] (V/V)$	25,2	9,5	11,0	13,0	16,2	17,7	18,1
$E100_{bb95/2C4/EtOH} - E100_{bb95/2C4} [\%] (V/V)$	46,0	2,5	2,8	3,6	4,9	5,4	5,9
bb95/5C ₄	bb95/5C ₄	bb95/5C ₄ / 5EtOH	bb95/5C ₄ / 6EtOH	bb95/5C ₄ / 7EtOH	bb95/5C ₄ / 8EtOH	bb95/5C ₄ / 9EtOH	bb95/5C ₄ / 10EtOH
$E70_{bb95/5C4/EtOH} - E70_{bb95/5C4} [\%] (V/V)$	28,1	8,0	9,1	12,0	13,8	14,6	16,7
$E100_{bb95/5C4/EtOH} - E100_{bb95/5C4} [\%] (V/V)$	47,7	2,8	3,0	3,9	5,3	5,7	6,2



Rys. 4. Przyrost wartości E70 dla bb95



Rys. 5. Przyrost wartości E100 dla bb95

dawał jej systematyczny przyrost. W przypadku tego parametru zaobserwowano nieco inną niż w przypadku parametru E70 tendencję zależności. Najniższe przyrosty E100 zaobserwowano dla benzyny bazowej bez frakcji C₄. Wzrost udziału frakcji C₄ w mieszaninie, wraz ze wzrostem udziału bioetanolu, powodował podwyższenie przyrostu wartości parametru E100.

Przygotowanie formuły benzyny silnikowej z udziałem bioetanolu wyższym niż 5% (V/V) wymagać będzie od producentów szacowania parametrów składu frakcyjnego (głównie E70)

i podjęcia decyzji o stosowaniu w formule najlżejszych frakcji węglowodorowych C₄ w odpowiednich okresach klimatycznych.

Prężność par benzyny z bioetanolom

Prężność par jest drugim istotnym parametrem lotności benzyny silnikowej, który ma znaczenie zarówno dla właściwej eksploatacji silnika samochodowego, jak i dla właściwej jakości powietrza atmosferycznego. Parametr ten powinien mieć z jednej strony na tyle wysoką wartość, aby ułatwić rozruch zimnego silnika, a z drugiej strony na tyle niską, aby wyeliminować możliwość odparowania paliwa w przewodach paliwowych i utworzenia korków parowych.

Bioetanol, mimo, że sam posiada bardzo niską prężność par, około 15,4 kPa [9], to w mieszaninie z benzynowymi frakcjami węglowodorowymi uzyskuje blendingową wartość prężności około 114 kPa [9], podnosząc również nieaddytywnie prężność par benzyny bazowej. Według danych [9] wkład bioetanolu w prężność par paliwa finalnego, ze względu na bardzo wysoką blendingową prężność par alkoholu, jest dziesięciokrotnie wyższy niż wynikałoby to z prężności par czystego bioetanolu. Blendingowa prężność par jest także zależna od składu paliwa bazowego i udziału w formule frakcji C₄-C₅.

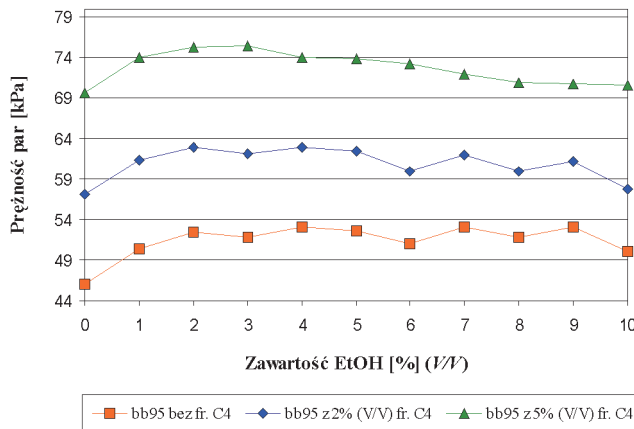
Badania wpływu bioetanolu na prężność par paliwa finalnego przeprowadzono dla benzyny bb95 niez-

Tablica 3. Przyrost wartości DVPE benzyny bezołowiowej 95 w zależności od udziału bioetanolu

Paliwo	DVPE	DVPE _{bb95/EtOH} – DVPE _{bb95} [kPa]	DVPE _{bb95/2C4/EtOH} – DVPE _{bb95/2C4} [kPa]	DVPE _{bb95/5C4/EtOH} – DVPE _{bb95/5C4} [kPa]
Bioetanol	19,0	-	-	-
bb95	46,1	-	-	-
bb95/2C4	57,2	-	-	-
bb95/5C4	69,7	-	-	-
bb95/1EtOH	-	4,3	4,2	4,4
bb95/2EtOH	-	6,4	5,8	5,6
bb95/3EtOH	-	5,8	4,9	5,7
bb95/4EtOH	-	7,0	5,8	4,3
bb95/5EtOH	-	6,5	5,2	4,2
bb95/6EtOH	-	4,9	2,8	3,5
bb95/7EtOH	-	7,0	4,8	2,3
bb95/8EtOH	-	5,8	2,8	1,3
bb95/9EtOH	-	7,0	4,0	1,0
bb95/10EtOH	-	4,0	0,6	0,9

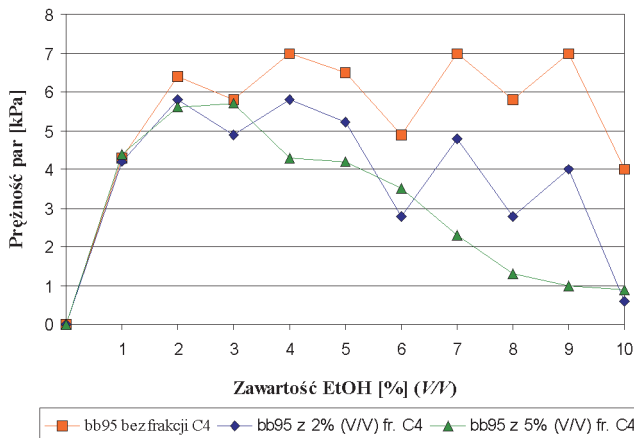
wierającej najlżejszych frakcji węglowodorowych C₄ oraz benzyny bazowej bb95/2C₄ i bb95/5C₄ o różnej zawartości najlżejszych frakcji węglowodorowych C₄. Poniżej w tabelicy 3 zamieszczono wyniki przyrostów prężności par benzyny (DVPE) po dodaniu bioetanolu w ilości 1-10% (V/V).

Na rysunku 6 przedstawiono wykresy zmiany prężności par benzyny bazowej bb95 w zależności od udziału bioetanolu i zawartości frakcji C₄.



Rys. 6. Prężność par benzyny bazowej bb95 w zależności od udziału EtOH i zawartości frakcji C₄

Na rysunku 7 przedstawiono przyrosty prężności par benzyny bazowej 95 w zależności od udziału bioetanolu i zawartości frakcji C₄.



Rys. 7. Przyrost prężności par benzyny bazowej 95 w zależności od udziału EtOH i zawartości frakcji C₄

Przedstawione powyżej wyniki badania wpływu bioetanolu w zakresie udziałów 1-10% (V/V) na prężność par benzyny bazowej, w zależności od udziału w niej frakcji butanowych C₄, wskazują, że:

- w zakresie niskiego udziału bioetanolu 1-5% (V/V) obserwuje się gwałtowny przyrost prężności par niezależnie od udziału frakcji C₄,

- w zakresie niskiego udziału bioetanolu 1-3% (V/V) zróżnicowanie przyrostów prężności par w zależności od udziału frakcji C₄ jest niewielkie,
- w zakresie wyższych udziałów bioetanolu 4-10% (V/V), im wyższa prężność par bazowej benzyny węglowodorowej, co jest związane z udziałem lekkich frakcji butanowych C₄, tym mniejsze są przyrosty prężności par przy dodawaniu bioetanolu,
- największe przyrosty prężności par obserwuje się dla benzyny bez udziału frakcji C₄.

Matematyczny model prężności par benzyny z etanolem

Ponieważ prężność par benzyn z bioetanolem jest parametrem nieaddytywnym, trudnym do szacowania, konieczne jest wykreowanie odpowiednich modeli matematycznych. To z kolei wymaga uzyskania odpowiednich danych doświadczalnych, w sposób zgodny z aktualną procedurą analityczną. Wykorzystując wyniki uzyskane w toku prowadzonych badań, podjęto próbę dostosowania odpowiedniego modelu matematycznego dla obliczenia prężności par benzyn silnikowych zawierających powyżej 5% (V/V) bioetanolu (biopaliw). Do opracowania tej zależności przyjęto metodykę sprawdzoną we wcześniejszych, niepublikowanych pracach Instytutu [2, 3, 6, 7]. Dla układów zawierających benzynę węglowodorową (z frakcją C₄, lub bez) i bioetanol można zastosować następujący model matematyczny:

$$\sum_{i=1}^n v_i p_i^x \approx P_M^x \quad (1)$$

gdzie:

- n* – ilość komponentów,
- v_i* – udział objętościowy komponentu *i*,
- p_i* – prężność par komponentu *i*,
- P_M* – prężność par mieszaniny,
- x* – wykładnik.

Proponowany model (1) zapewnia linearyzację prężności par, co pozwala wykorzystać go w programowaniu liniowym.

W rafineriach i bazach paliwowych, z powodów technologicznych często stosuje się praktykę dodawania bioetanolu do benzyny bazowej. W układzie tym jednym komponentem jest benzyna bazowa, a drugim bioetanol. Z wcześniejszych prac Instytutu wiadomo, że wielkość efektu mieszania w układzie benzyn z etanolem zależy od wielu czynników, w tym od prężności par benzyny bazowej. Opierając się na wspomnianych wyżej

wcześniejszych pracach Instytutu, stwierdzających różnicowanie efektu prężności par finalnej mieszaniny w zależności od wyjściowej prężności par benzyny bazowej, opracowano model matematyczny dla trzech wariantów składu: benzyny bez frakcji C₄, benzyny zawierającej frakcję C₄ w ilości 2% (V/V) i benzyny zawierającej frakcję C₄ w ilości 5% (V/V). Do opracowania modelu wykorzystano mieszaniny zawierające od 5 do 10% (V/V) bioetanolu (tablica 3, rysunek 6).

Do obliczeń przyjęto, zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami [2, 3, 6, 7], wykładnik potęgowy x na poziomie 1,9. Przy stałej wielkości wykładnika, dla każdej z trzech grup próbek bazowych benzyn silnikowych wyznaczono efektywną prężność par dla bioetanolu. Wyniki zamieszczono w tablicy 4.

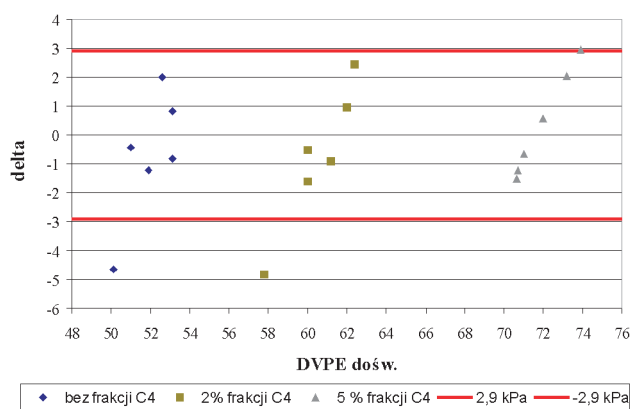
Tablica 4. Efektywne prężności par bioetanolu w benzynie

Rodzaj paliwa	Prężność par EtOH [kPa]
Benzyna o prężności par 46,1 kPa	106,0
Benzyna o prężności par 57,2 kPa	99,9
Benzyna o prężności par 69,7 kPa	91,5

Wyznaczone wielkości potwierdzają wcześniejsze obserwacje, że przy niższej prężności par benzyny bazowej efektywna prężność par bioetanolu jest wyższa niż w przypadku benzyny o prężności par na poziomie 70 kPa. Praktyczne znaczenie przeprowadzonych obliczeń jest takie, że w przypadku dozowania bioetanolu w ilości pomiędzy 5% (V/V), a 10% (V/V) do benzyny bazowej, o prężności zbliżonej do omawianych w pracy, w obliczeniach, zgodnie ze wzorem (1), w miejsce prężności par bioetanolu należy wprowadzić wybraną wartość z tablicy 4.

Dla modelowych mieszanin, zgodnie ze wzorem (1), obliczono prężność par, a następnie wyniki obliczeń porównano z wartościami oznaczonymi doświadczalnie. Wyniki te przedstawiono w postaci graficznej na rysunku 8.

Na rysunku 8, dwiema czerwonymi liniami zaznaczono granice odtwarzalności metody badawczej.



Rys. 8. Wielkości odchyłeń pomiędzy wartościami prężności par DVPE uzyskanymi doświadczalnie, a wielkościami obliczonymi

W trzech przypadkach zaobserwowano różnicę pomiędzy wartością oznaczoną a obliczoną, większą niż odtwarzalność metody. Pozostałe wyniki wykazują dobrą zbieżność. Rozkład odchyłeń dla każdej „grupy” benzyn bazowych jest podobny. Biorąc pod uwagę wartości odtwarzalności metody oznaczenia prężności par, można się spodziewać, że tak opracowany model będzie wykazywał satysfakcjonujące zdolności predykcyjne. Przyjęta formuła zależności prężności par benzyny z udziałem bioetanolu powyżej 5% (V/V) została sprawdzona na zestawionych doświadczalnie próbkach.

Należy tu jednak zaznaczyć, że model ten został opracowany na bazie określonej grupy mieszanin, a wyznaczone efektywne wartości prężności par nie mają charakteru uniwersalnego. Jak wynika z przeprowadzonych badań, efekt przyrostu prężności, związany z dokomponowaniem bioetanolu, zależy od fizykochemicznego charakteru bazy węglowodorowej. Dlatego też każdy producent benzyny bioetanolowej powinien wyznaczyć wskaźniki efektywnej prężności par dla bioetanolu adekwatne do stosowanej bazy węglowodorowej i systematycznie je aktualizować. Dysponując takim materiałem badawczym opracowany model można dostosować do rzeczywistych warunków techniczno-technologicznych u konkretnego producenta paliwa.

Podsumowanie i wnioski

W pracy przedstawiono informacje dotyczące wpływu zwiększonej zawartości bioetanolu w formule bezołowiowej benzyny silnikowej na jej nieaddytywne właściwości, to jest podwyższenie liczby oktanowej, zmiany parametrów składu frakcyjnego i prężności par.

Wymaga to wykonania dużej ilości oznaczeń parametru sprężystości par z wykorzystaniem różnorodnych formuł benzyn silnikowych, charakterystycznych dla danego producenta.

Uzyskane wyniki wskazują, że bioetanol powoduje przyrosty liczb oktanowych benzyny. Dla liczb oktanowych badawczych wartość przyrostu wynosiła od 1,5-2,9 jednostki, a dla LOM od 0 do 1,2 jednostki, w zależności od udziału bioetanolu i frakcji C₄. Wyższe wartości przyrostów zaobserwowano dla wyższych udziałów bioetanolu i frakcji C₄.

W odniesieniu do parametrów składu frakcyjnego, uzyskane wyniki wskazują, że bioetanol znacznie i korzystnie wpływa na parametr E70, w zależności od udziału frakcji C₄ w benzynie bazowej. Dla parametru E100 również obserwowano przyrosty, jednak były one znacznie niższe.

Potwierdzono również, że w zakresie niskich udziałów bioetanolu (do 5%) obserwuje się gwałtowny przyrost prężności par benzyny, zależny od prężności par benzyny bazowej, a więc zawartości w niej frakcji C₄. W zakresie wyższych udziałów bioetanolu (do 10%) przyrosty prężności par dla benzyny bez frakcji C₄ pozostawały na zbliżonym poziomie i były znacznie wyższe niż w przypadku benzyny z frakcją C₄.

Ze względu na trudne od oszacowania zmiany istotnego parametru, jakim jest prężność par benzyny zawierającej różne udziały bioetanolu, przedstawiono przykładowy model matematyczny dla szacowania wielkości prężności par mieszanin benzyny ze zwiększonym powyżej 5% (V/V) udziałem bioetanolu. Zaproponowany model wymaga dostosowania do rzeczywistych warunków techniczno-technologicznych producenta paliwa.

Literatura

- [1] Commission Staff Working Document; Impact Assessment of a Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council modifying Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels; SEC (2007) 55; Brussels, 31.01.2007.
- [2] Kaczmarczyk A., Marchut A., Jęczmionek Ł., Rogowska D., Szklarski A.: *Technologia wytwarzania bezolowiowej benzyny Eurosuper z etanolem dostosowana do warunków PKN ORLEN S.A.* Dokumentacja ITN Nr 3381, 2000.
- [3] Kaczmarczyk A., Rogowska D., Danek B., Pałuchowska M.: *Prognozowanie parametrów lotnościowych benzyn silnikowych komponowanych z udziałem etanolu.* Dokumentacja ITN Nr 3625, 2002.
- [4] Komunikat Komisji, *Strategia UE na rzecz biopaliw*, Bruksela 08.02.2006, COM (2006), 34 końcowy.
- [5] Marshall E.L., Owen K.: *Motor Gasoline*. The Royal Society of Chemistry, UK, 1995.
- [6] Pałuchowska M., Rogowska D., Kaczmarczyk A.: *E-85 – nowe alternatywne paliwo silnikowe do samochodów z zapłonem iskrowym.* Dokumentacja ITN Nr 3858, 2005.
- [7] Pałuchowska M., Rogowska D., Kaczmarczyk A.: *Określenie wpływu różnej zawartości biokomponentów (bioetanol, EETB, komponent bioetanolowy 80/20) na jakość formuł benzynowych.* Dokumentacja ITN Nr 4056, 2007.
- [8] Pałuchowska M., Rogowska D.: *Ocena wpływu zwiększonej zawartości bioetanolu na nieaddytywne właściwości benzyny silnikowej bezolowiowej.* Dokumentacja INiG 98/TP, 2008.
- [9] Reynolds R.E.: *Fuel Specifications and fuel property issues and their potential impact on the use of ethanol as a transportation fuel.* Downstream Alternatives INC., 16.12.2002.

Recenzent: doc. dr Michał Krasodomski



Mgr inż. Martynika PAŁUCHOWSKA – starszy specjalista badawczo-techniczny, lider kierunku „Paliwa do silników o zapłonie iskrowym” w Zakładzie Paliw i Procesów Katalitycznych INiG. Tematyką związaną z technologią i doskonaleniem jakości benzyn silnikowych zawierających związki tlenowe, w tym biokomponenty, zajmuje się od ponad 20 lat.



Mgr inż. Delfina ROGOWSKA – starszy specjalista badawczo-techniczny, zastępca Kierownika Zakładu Paliw i Procesów Katalitycznych INiG. Od 10 lat zajmuje się tematyką technologii benzyn silnikowych zawierających związki tlenowe, w tym biokomponenty.