

Вісник

машинобудування та
транспорту

№ 1(11)
2020



Головний редактор

Віктор Вікторович Біліченко, Вінницький національний технічний університет, Україна

Заступник головного редактора

Андрій Павлович Поляков, Вінницький національний технічний університет, Україна

Члени редакційної колегії

Ігнатій Серажунтдінович Алієв, Донбаська державна машинобудівна академія (м. Краматорськ), Україна

Геннадій Анатолійович Баглюк, Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАНУ (м. Київ), Україна

Наталія Ростиславівна Веселовська, Вінницький національний аграрний університет, Україна

Володимир Петрович Волков, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Володимир Михайлович Голубець, Український національний лісотехнічний університет (м. Львів), Україна

Орест Зенонович Горбай, Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Юрій Феодосійович Гутаревич, Національний транспортний університет (м. Київ), Україна

Віктор Сергійович Івашко, Білоруський національний технічний університет, м. Мінськ, Білорусь

Леонід Геннадійович Козлов, Вінницький національний технічний університет, Україна

Олександр Петрович Кравченко, Житомирський державний технологічний університет, Україна

Любомир Васильович Крайник, Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Олександр Федорович Луговський, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

Віктор Андрійович Матвійчук, Вінницький національний аграрний університет, Україна

Володимир Маркусович Михалевич, Вінницький національний технічний університет, Україна

Віталій Антонович Огородніков, Вінницький національний технічний університет, Україна

Іоанн Русу, Університет ім. А.І. Кузи (м. Ясси), Румунія

Михайло Абович Подригало, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Леонід Клавдійович Поліщук, Вінницький національний технічний університет, Україна

Володимир Прохорович Сахно, Національний транспортний університет (м. Київ), Україна

Василь Борисович Струтинський, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

В'ячеслав Андрійович Тітов, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

Валерій Васильович Чигарьов, Приазовський державний технічний університет (м. Маріуполь), Україна

Відповідальний секретар

Віталій Альбертович Кашканов, Вінницький національний технічний університет, Україна

Формування показників оцінки ефективності транспортного процесу перевезень

Віктор Васильович Аулін, Дмитро Вадимович Голуб, Віктор Вікторович Біліченко, Артем Сергійович Замуренко

4-10

DOI <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2020-11-1-4-10>



PDF

Розробка змішувача біодизельного палива та моделюванням процесу змішування

Сергій Андрійович Бурлака

11-17

DOI <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2020-11-1-11-17>



PDF

Дослідження течії палива в розпилювачі форсунок при використанні спиртових добавок в емульгованих паливах

Сергій Андрійович Бурлака, Олександр Олександрович Галушак, Юрій Володимирович Гуменюк

18-27

DOI <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2020-11-1-18-27>



PDF

Удосконалення методу дистанційного контролю параметрів технічного стану автомобілів

Володимир Петрович Волков, Ігор Валерійович Грищук, Тетяна Вікторівна Волкова, Володимир Петрович Кужель, Юрій Володимирович Волков, В'ячеслав Миколайович Павленко

28-39

DOI <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2020-11-1-28-39>



PDF

Покращення показників автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» використанням суміші палив

Олександр Олександрович Галушак, Дмитро Олександрович Галушак, Дмитро Анатолійович Ковальчук

40-48

DOI <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2020-11-1-40-48>



PDF

Дослідження напружень в рамі сміттєвоза з заднім завантаженням компактора

Орест Зенонович Горбай, Роман Володимирович Зінько, Любомир Васильович Крайник, Андрій Павлович Поляков

49-54

DOI <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2020-11-1-49-54>



PDF

С. А. Бурлака¹
О. О. Галушак²
Ю. В. Гуменюк¹

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЧІЇ ПАЛИВА В РОЗПИЛЮВАЧІ ФОРСУНОК ПРИ ВИКОРИСТАННІ СПИРТОВИХ ДОБАВОК В ЕМУЛЬГОВАНИХ ПАЛИВАХ

¹Вінницький національний аграрний університет

²Вінницький національний технічний університет

В статті проведено аналіз енергетичних культур як джерел сировини для виготовлення біопалива та його сумішей. Вивчені та класифіковані рослини сільськогосподарського призначення з яких виготовляється спирт як добавка до біодизельного пального. Найбільш перспективною сировиною для виготовлення спиртової добавки в емульговане паливо є злакові культури (пшениця, ячмінь, жито, овес). Проведено аналіз технологій виготовлення біоетанолу та визначено основні технічні переваги та недоліки. У статті визначено, що отримання біоетанолу та іншої побічної сировини стає все більш популярною при використанні глибокої переробки зерна. Встановлено, що поліпшення показників дизеля, які працюють на емульгованих паливах, пояснюється тим, що краплі палива, які утворилися після його впорскування в камеру згорання (КЗ), складаються з частинок більш важкого складу (в розглянутому нижче випадку – ріпакової олії), всередині яких розташовуються частинки палива, що легко закипає, – етанол. Розміри цих частинок зазвичай коливаються від одного до декількох мікрометрів і практично не залежать від умов розпилювання палива. В результаті, застосування емульгованих палив в дизелях дозволяє знизити димність ВГ, зменшити викиди оксидів азоту, скоротити витрату палива. Слід ще раз відзначити, що протікання палива в проточній частині розпилювачів форсунк, відрізняється великими швидкостями, високими числами Рейнольдса, наявністю місцевих гідравлічних втрат і відривних течій. Можлива поява областей в яких мають місце зниження тиску, поява газової фази і двофазні потоки палива. У зв'язку з цим, розрахунок таких течій також є досить складним гідродинамічним завданням, при вирішенні якого необхідне використання спеціалізованих програмних комплексів (ПК). При розрахункових дослідженнях проведено моделювання стаціонарної течії нафтового ДП і емульсії 70 % РО і 30 % ЕС в проточній частині розпилювача при максимальному підйомі голки форсунки $h_{i \max} = 0,32$ мм.

Ключові слова: розпилювач, форсунка, біоетанол, біодизель, зерно, течія палив.

Вступ

Відновлювана енергетика має великі можливості для українського сільського і лісового господарства. До того ж, енергетична безпека і використання біоенергії є актуальними питаннями. Ціни на викопне пальне зростають, що провокує дискусії щодо зменшення залежності від імпортованого пального. Виробництво біоетанолу є лише одним із способів використання біомаси для виробництва енергії [1].

Важливим моментом при виробництві сировини для біоетанолу є її собівартість. Зернові культури мають найменшу собівартість у порівнянні з цукровими буряками та картоплею. Тому за сучасного стану розвитку сільського господарства в Україні потенційною сировиною для виробництва біоетанолу може бути використане насіння зернових культур (табл. 1), зокрема кукурудзи, оскільки можливості вирощування і урожайність цієї культури є найвищими. Стан зернового ринку визначає як світову, так і національну безпеку [2].

Зміна характеру протікання робочого процесу дизеля, підвищення його техніко-економічних показників при конвертації до роботи на альтернативних паливах яскраво виражено при використанні емульгованих палив. Найкращі результати досягаються при роботі дизелів на емульгованих паливах в яких присутні леткі рідини – етанол, метанол, диметиловий ефір тощо [3].

Результати дослідження

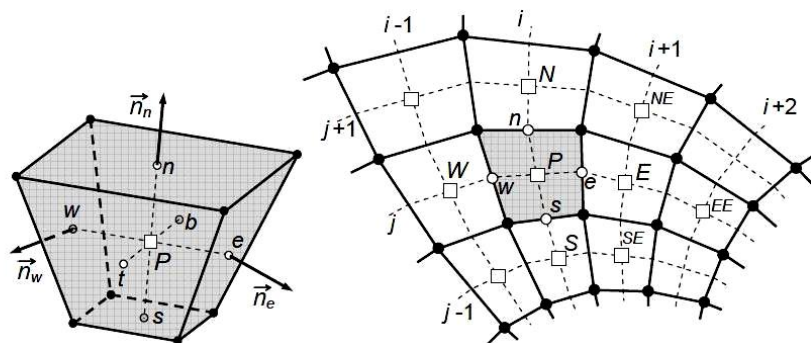
Сучасні технології дають змогу здійснювати розробку альтернативних джерел енергії, які повністю відновлювані, здатні до повного згорання і надійніші у порівнянні з традиційними видами палива.

Вихід сировини та біоетанолу з 1 га посівної площі [4]

Культура	Урожайність, т/га	Біоетанол, л/т	Біоетанол, л/га
Цукрові буряки	15–20	90	1350–4500
Пшениця	1,5–2,1	340	510–710
Ячмінь	1,2–2,5	250	300–630
Кукурудза	1,7–5,4	360	600–1940
Картопля	8–50	167	1336–8350

Для виробництва біоетанолу придатні зернові культури, сировиною можуть бути також картопля і топінамбур. Проведені дослідження виявили можливість виробляти етанол із целюлози, яка міститься в стеблах кукурудзи та просі [5]. Виробництво біоетанолу значною мірою сприяє розвитку сільського господарства, економіки та дасть можливість поліпшити стан навколишнього середовища.

Поліпшення показників дизеля, що працює на емульгованих паливах, пояснюється такими факторами. Краплі емульгованого палива, що утворилися після його впорскування в КЗ, складаються з частинок більш важкого палива (в розглянутому нижче випадку – ріпакової олії), всередині яких розташовуються частинки палива (етанолу). Розміри цих частинок зазвичай коливаються від одного до декількох мікрметрів і практично не залежать від умов розпилювання палива. При більш низькій температурі кипіння і пароутворення води при нагріванні частинок а, що містяться в емульгованому паливі, в КЗ дизеля вони перетворюються на пару, піддаючи навколишні частки рослинної олії (РО) додатковому розбиттю і турбулентному перемішуванню за рахунок викидів парів етилового спирту (ЕС) з крапель РО. Тому час існування крапельок емульгованого палива скорочується в порівнянні з існуванням крапельок чистого РО, що зменшує тривалість процесу сумішоутворення і покращує його якість. Крім того, впорскування в КЗ дизеля емульгованого палива дозволяє знизити температуру кінця стиснення, середню і максимальну температури циклу, що сприятливо позначається на згорянні. В результаті, застосування емульгованих палив в дизелях дозволяє знизити задимленість вихлопних газів (ВГ), зменшити викиди оксидів азоту, скоротити витрату палива. Слід ще раз відзначити, що протікання палива в проточній частині розпилювачів форсунок, відрізняється великими швидкостями, високими числами Рейнольдса, наявністю місцевих гідравлічних втрат і відривних течій. При використанні МКО просторова дискретизація розв'язуваної задачі здійснюється шляхом розбиття розрахункової області на невеликі дотичні обсяги, показані на рис. 1., для кожного з яких записується співвідношення. Всередині кожного контрольного обсягу знаходиться одна точка «прив'язки» необхідного сіткового вирішення [6].



Структурована сітка контрольних об'ємів з "прив'язкою" змінних до центру комірок:

● - вузол сітки, □ - центр комірки, ○ - центр межі

Рис. 1. Контрольні обсяги при розбитті розрахункової області проточної частини розпилювача форсунки

Моделювання течії палива в проточній частині розпилювачів дизельних форсунок розглядається в роботах де, як правило, досліджується потік нафтового дизельного палива в розпилювачі форсунки. Разом з тим, певний інтерес представляють дослідження параметрів потоку емульгованого палива. Для оцінки ступеня турбулізації цього палива в процесі його перебігу по каналах розпилювача форсунки проведені розрахункові дослідження параметрів такого потоку. При моделюванні течії емульгованого біопалива в розпилювачі досліджена форсунка типу ФДМ-22 з розпилювачем типу 171.07.00. Конструктивна схема цього розпилювача представлена на рис. 2, а, залежність еквівалентного прохідного перерізу $\mu_p f_p$ розпилювача від ходу h_i голки форсунки – на рис. 2, б

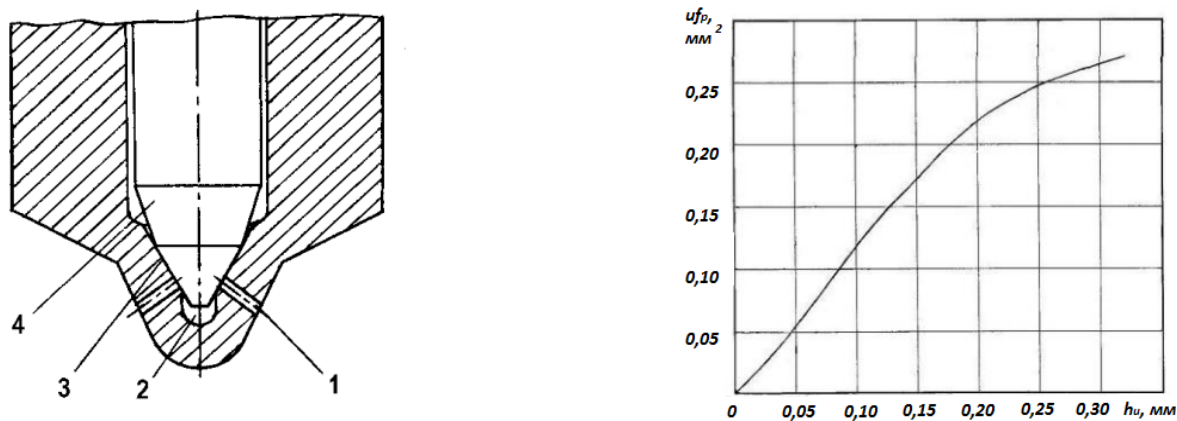


Рис. 2. Конструктивна схема розпилювача АЗПІ типу 171.07.00 (а) і залежність сумарної ефективної площі розпилювача в зборі $\mu_p f_p$ від ходу голки h_i (б): розпилюючий отвір (1); колодязь (2); сідло (3); голка (4)

Таблиця 2

Параметри розпилювача АЗПІ 171.07.00

Маркування	Діаметр розпилюючого отвору, мм	Число сопел	Максимальний хід голки, мм	Сумарна ефективна площа розпилення
АЗПІ, 171.07.00	0,35	5	0,32	0,270

Моделювання течії палива в проточній частині розпилювача дизельної форсунки проведено для дизельного палива і емульгованого палива, що містить 70 % ріпакової олії і 30 % етилового спирту (за обсягом), який являє собою емульсію ЕС в РО з діаметром крапель ЕС, рівним 50 мкм. Деякі фізико-хімічні властивості досліджених нижче палив наведені в табл. 4. При моделюванні двофазної течії емульгованого палива – емульсії 70 % РО і 30 % ЕС в розпилювачі АЗПІ типу 171.07.00 досліджена геометрія розрахункової області розпилювача, схема якої наведена на рис. 2. Цей розпилювач має голку діаметром $d_i = 5$ мм з максимальним ходом $h_i = 0,32$ мм, сумарну ефективну площу в зборі $\mu_p f_p = 0,270$ мм² (При повністю піднятій голці) і п'ять розпилюючих отворів діаметром $d_p = 0,35$ мм і довжиною $l_p = 1,1$ мм, кутове розташування яких наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Розташування розпилюючих отворів АЗПІ 171.07.00

№ отвору	Кутове положення отвору відносно штифта, град	Кут нахилу отвору відносно осі розпилювача, град
1	8	62
2	90	70
3	172	62
4	237	52
5	303	52

Таблиця 4

Характеристики ДП, РО, ЕС та емульсії, що містить 70 % РО і 30 % ЕС

Фізико-хімічні характеристики	Палива			
	ДП	РО	ЕС	70 % РО + 30 % ЕС
1	2	3	4	5
Умовна формула складу	$C^{16,2}H^{18}$	$C^{57,0}H^{101,6}O$	C_2H_5OH	–
Молекулярна маса	223,3	883,04	46,07	631,95
Густина, кг/м ³ :				
- при 20 °С	830,0	921,0	790,0	890,0
- при 40 °С	822,7	914,6	782,2	883,2
В'язкість кінематична, мм ² /с (сСт):				
- при 20 °С	3,8	75,0	1,5	10,8
- при 40 °С	2,4	36,0	1,1	7,2

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5
В'язкість динамічна, мПа·с (сПз):				
- при 20 °С	3,15	69,1	1,19	9,6
- при 40 °С	1,97	32,9	0,86	6,4
Коефіцієнт поверхневого натягу σ при 20 °С, мН/м	27,1	33,2	22,4	–
Теплота згорання нижча, кДж/кг	42500	37300	27500	34397
Цетанове число	45	36	8	–
Кількість повітря, необхідне для згорання 1 кг речовини, кг	14,3	12,5	9,0	11,3
Вміст, % за масою				
С	87,0	77,0	52,1	69,5
Н	12,6	12,0	13,2	12,4
О	0,4	11,0	34,7	18,1
Теплоємність C_p , кДж/(кг·град):				
- при 20 °С	2,1	2,0	2,4	2,1
- при 40 °С	2,2	2,1	2,5	2,2
Теплопровідність, Вт/(м·К):				
- при 20 °С	0,127	0,162	0,168	0,164
- при 40 °С	0,123	0,160	0,163	0,162
Тиск насичених газів, кПа:				
- при 20 °С	2,7	0	15,8	0,27
- при 40 °С	4,8	0	18,0	0,31

При розрахункових дослідженнях проведено моделювання стаціонарної течії нафтового ДП і емульсії 70 % РО і 30 % ЕС в проточній частині розпилювача при максимальному підйомі голки форсунки $h_{i \max} = 0,32$ мм (Проливання розпилювача, але при підвищеному тиску). Тиск на вході в розрахункову область прийнято рівним $p_{\text{палив вх}} = 51,5$ МПа, що відповідає тиску в процесі подачі палива серійної паливної системи дизеля Д-245.12С (4ЧН11/12,5) [7]. Температуру палива беруть постійною і рівною $t = 40$ °С. Для обмеження часу розрахунку розглянуто симетричну геометрію елемента проточної частини розпилювача з одним розпилюючим отвором, що представлено на рис. 3.

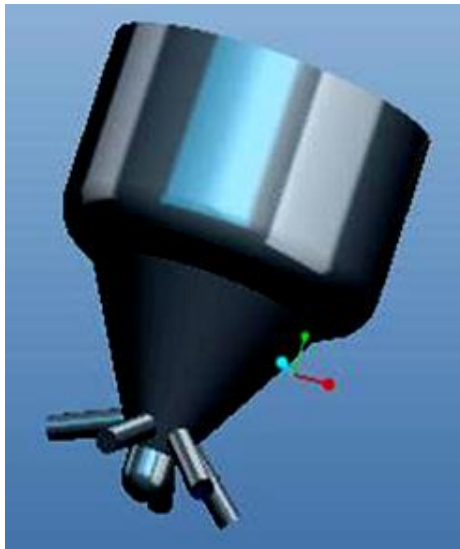


Рис. 3. Прийнята геометрія елемента проточної частини розпилювача АЗП з одним розпилюючим отвором (а) і розбивка на елементи (сітка) прийнятої геометрії проточної частини (б)

На першому етапі досліджень моделювалася стаціонарна течія нафтового дизельного палива (ДП) марки Л (літнє) по ГОСТ 305-82 в проточній частині розпилювача АЗП. Деякі властивості цього палива наведені в табл. 4. Паливо вважалось нестисливим. Моделювання течії палива в розпилювачі проведено при постійному тиску на вході в розрахункову область $p_{\text{палив вх}} = 51,5$ МПа і при двох тисках на виході з розрахункової області (на виході з розпилюючого отвору). У першому випадку тиск на виході становив $p_{\text{палив вих}} = 0,1$ МПа (впорскування в атмосфері), а у другому – $p_{\text{палив вих}} = 8,878$ МПа, що відповідає тиску в камері згоряння дизеля в момент початку впорскування. Цей тиск визначено для дизеля Д-245.12С з використанням ПК Дизель-РК, розробленого в МДТУ ім. М. Е. Баумана проф. А.С. Кулешовим.

Перед дослідженнями проведено побудову розрахункової сітки. Слід відзначити, що точність розрахункової моделі істотно залежить від розмірів сітки. При розбивці проточної частини розпилювача на відносно великі елементи необхідна точність розрахунків не забезпечується. Це ілюструється на рис. 4 даними, що отримані при розрахунку значень масової витрати палива, (для розмірів елементів сітки 0,06 мм; 0,05 мм; 0,04 мм; 0,03мм; 0,02 мм і 0,15 мм). З цих даних випливає, що прийнятна точність розрахунку досягається при розмірах елементів сітки менших 0,04 мм. У міру зменшення розмірів елементів сітки точність помітно збільшується, але при цьому значно зростає і тривалість розрахунку. При розмірі елементів сітки менших 0,02 мм значення масової витрати палива майже не залежить від цього розміру. При цьому, для подальшого моделювання, мінімальний розмір елементів сітки прийнятий рівним 0,02 мм, а максимальний – 0,04 мм. Побудована за цих допущень сітка показана на рис. 5, б. Вона дозволяє забезпечити достатньо хорошу точність розрахункових досліджень.

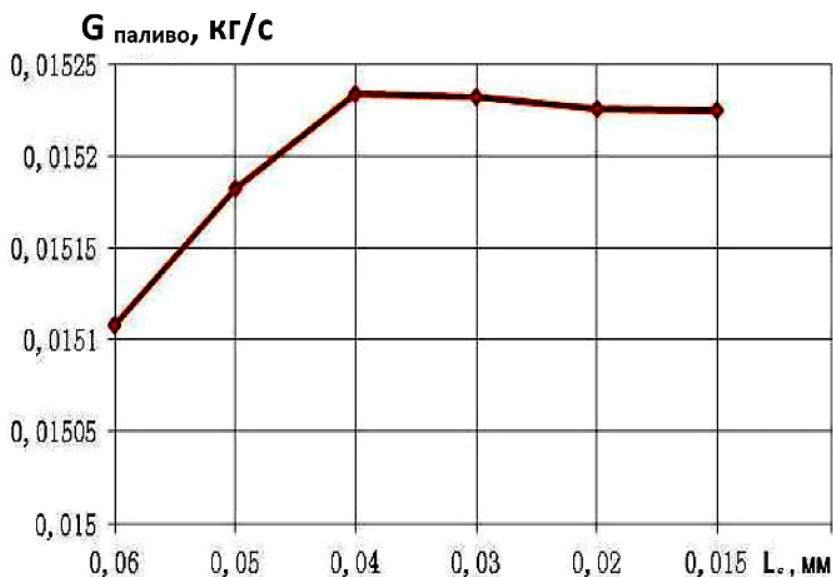


Рис. 4. Залежність годинної витрати палива G через розпилювач форсунки від розмірів елементів сітки L_e , яка описує розрахункову область – проточну частину розпилювача форсунки

Результати моделювання течії нафтового ДП в розпилювачі дизельної форсунки при двох прийнятих тисках на виході з розрахункової області $p_{\text{палив вих}} = 0,1$ і $p_{\text{палив вих}} = 8,878$ МПа представлені на рис. 6 і 7. При моделюванні течії палива по проточній частині розпилювача з протитиском $p_{\text{вих}} = 0,1$ МПа (впорскування в атмосферу) масова витрата палива через один отвір розпилювача виявилася рівною $G_m = 0,015226$ кг/с, а при тиску на виході з отвору $p_{\text{палив вих}} = 8,878$ МПа ці витрати були рівними $G_m = 0,015150$ кг/с. Таким чином, значення $l_{p_{\text{тек}}} = 0$ мм відповідає входу потоку палива в розпилюючий отвір, а значення $l_{p_{\text{тек}}} = 1,1$ мм – вихідному перерізу отвору. На рис. 5 показано розподіл тиску палива в поздовжньому перерізі всієї проточної частини розпилювача при значеннях протитиску, а на рис. 6 – розподіл в досліджуваному отворі розпилювача. Слід зазначити, що тиск палива в проточній частині розпилювача форсунки різко зменшується при вході в отвір розпилювача. У середині отвору розпилювача (в середній його частині) тиск палива практично досягає атмосферного тиску навіть при наявності протитиску на виході (див. рис. 6).



Рис. 5. Розподіл тиску палива в поздовжньому перерізі всієї проточної частини досліджуваного розпилювача при протитиску $p_{\text{налив вих}} = 0,1 \text{ МПа}$ (а) і $p_{\text{налив вих}} = 8,878 \text{ МПа}$ (б)

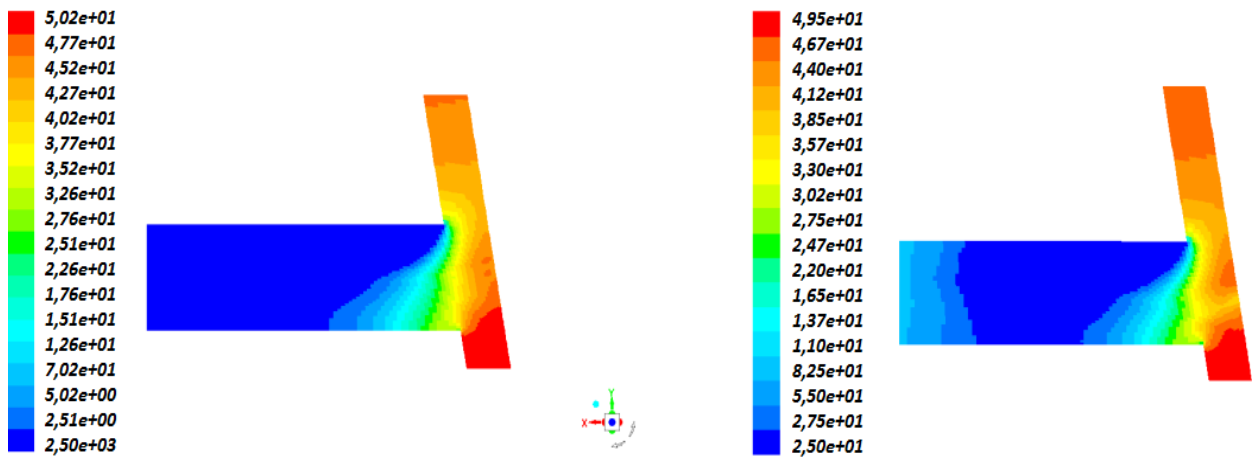


Рис. 6. Розподіл тиску палива в розпилюючому отворі при протитиску $p_{\text{налив вих}} = 0,1 \text{ МПа}$ (а) і $p_{\text{налив вих}} = 8,878 \text{ МПа}$ (б)

На рис. 7 наведено розподіл векторів швидкості течії палива в поздовжньому перерізі розпилюючих отворів при протитиску на виході з отвору $p_{\text{налив вих}} = 8,878 \text{ МПа}$.

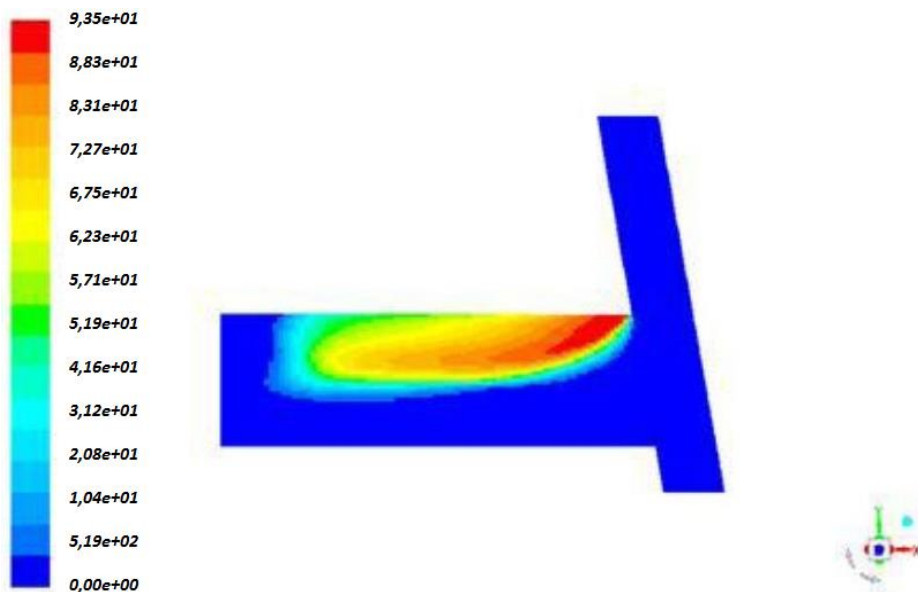


Рис. 7. Розподіл векторів швидкості течії палива в поздовжньому перерізі розпилюючих отворів при протитиску на виході з отвору $p_{\text{налив вих}} = 8,878 \text{ МПа}$ (обведені області появи зворотних потоків палива)

З використанням наведених вище розрахункових даних отримані середні за обраними перерізами розпилюючих отворів значення параметрів потоку палива, що представлені в табл. 5. Характеристики зміни середніх по перерізу параметрів потоку нафтового дизельного палива за довжиною розпилюючих отворів $l_{p \text{ тек}}$ наведені на таких рисунках: тиску палива $p_{\text{палив ср}}$ – на рис. 8, аксіальної швидкості течії палива $V_{\text{акс ср}}$ – на рис. 9. Ці характеристики розраховані при двох довільних палив на виході з розпилюючих отворів форсунки – при $p_{\text{палив вих}} = 0,1$ МПа і при $p_{\text{палив вих}} = 8,878$ МПа.

Таблиця 5

Розподіл середніх значень параметрів потоку нафтового дизельного палива по перерізах розпилюючих отворів при впрорскуванні в атмосферу - при $p_{\text{палив вих}} = 0,1$ МПа і $p_{\text{палив вих}} = 8,878$ МПа

Номер перерізу	Значення $l_{p \text{ тек}}$, мм	Середній тиск палива, МПа		Середня аксіальна швидкість (м/с)		Середня об'ємна частка газової фази		Середня турбулентна енергія ($\text{м}^2/\text{с}^2$)	
		$p_{\text{вих. пал.}} = 0,1$ МПа	$p_{\text{вих. пал.}} = 8,878$ МПа	$p_{\text{вих. пал.}} = 0,1$ МПа	$p_{\text{вих. пал.}} = 8,878$ МПа	$p_{\text{вих. пал.}} = 0,1$ МПа	$p_{\text{вих. пал.}} = 8,878$ МПа	$p_{\text{вих. пал.}} = 0,1$ МПа	$p_{\text{вих. пал.}} = 8,878$ МПа
0 (вхід)	0	22,76	22,79	193,0	192,3	0,028	0,028	1105,8	1272,7
1	0,1	13,32	13,44	258,4	257,8	0,247	0,249	1388,5	1473,3
2	0,2	7,20	7,28	287,1	287,0	0,315	0,318	1464,8	1493,9
3	0,3	3,54	3,55	298,3	298,3	0,339	0,342	1482,0	1490,3
4	0,4	1,72	1,68	301,1	301,3	0,346	0,349	1480,8	1478,0
5	0,5	0,86	0,84	299,7	300,0	0,346	0,348	1485,4	1467,9
6	0,6	0,47	0,54	296,5	296,6	0,342	0,344	1494,7	1466,0
7	0,7	0,283a	0,62	292,8	291,8	0,337	0,336	1499,2	1460,2
8	0,8	0,19	1,64	288,9	281,0	0,329	0,300	1496,3	1477,6
9	0,9	0,14	4,18	284,9	258,6	0,316	0,177	1487,6	1684,7
10	1,0	0,10	7,04	281,0	237,3	0,297	0,030	1471,1	2057,3
11 (вихід)	1,1	0,10	8,88	276,8	224,7	0,275	0,001	1444,2	2198,9

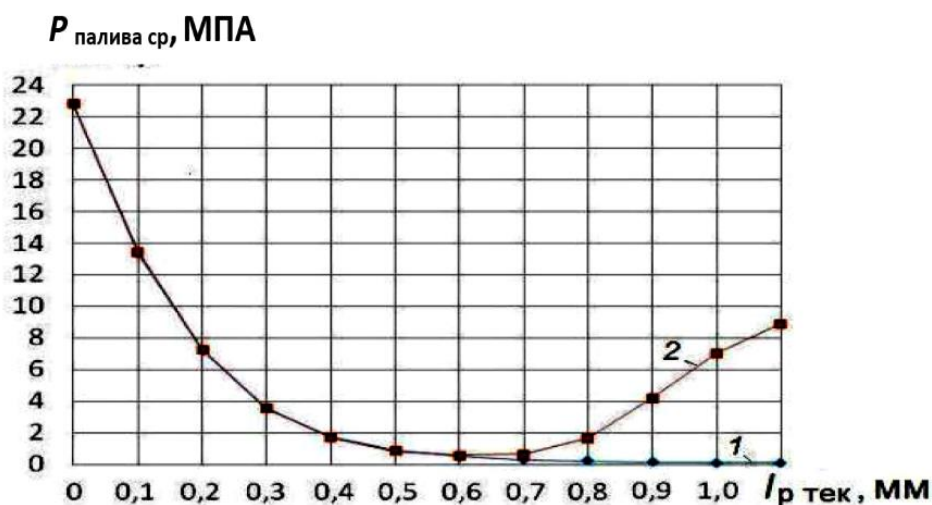


Рис. 8. Залежність середнього тиску нафтового дизельного палива $p_{\text{палив ср}}$ від поточної довжини розпилюючого отвору $l_{p \text{ тек}}$: $p_{\text{палив вих}} = 0,1$ МПа (1); $p_{\text{палив вих}} = 8,878$ МПа (2)

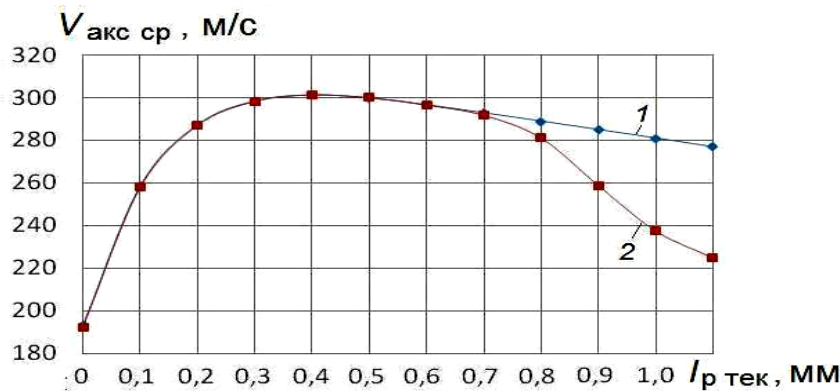


Рис. 9. Залежність середньої аксіальної швидкості течії нафтового ДП $V_{\text{акс ср}}$ від поточної довжини розпилюючого отвору $l_{p \text{ тек}}$: $p_{\text{палив вих}} = 0,1 \text{ МПа}$ (1); $p_{\text{палив вих}} = 8,878 \text{ МПа}$ (2)

Отримані аналітичні результати добре узгоджуються з розрахунковими даними, а також з експериментальними даними [9]. Це свідчить про можливість використання описаної вище розрахункової методики для моделювання течії емульгованого біопалива в розпилювачі дизельної форсунки. Як зазначено вище, в якості такого біопалива досліджено емульсію 30 % етилового спирту та 70 % ріпакової олії (за об'ємом). Властивості цієї емульсії представлені в табл. 4. При розрахунках розглянуто описаний вище розпилювач АЗП. Досліджено геометрію проточної частини з одним розпилюючим отвором – отвором № 2. Як і при аналізі параметрів потоку нафтового ДП в розрахунковій області, при дослідженні течії емульгованого палива було прийнято тиск на вході в розрахункову область $p_{\text{палив вх}} = 51,5 \text{ МПа}$, а тиску на виході з неї – $p_{\text{палив вих}} = 0,1 \text{ МПа}$ і $p_{\text{палив вих}} = 8,878 \text{ МПа}$. Температура емульсії в розпилювачі прийнята рівною $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, емульговане паливо розглядалося як нестисливе.

Висновки

1. Як найбільш перспективним біопаливом для дизелів розглядаються біоетанол і палива, вироблені з рослинних олій. Фізико-хімічні властивості цих біопалив істотно відрізняються від аналогічних властивостей нафтового дизельного палива.

2. Процес подачі палива зумовлює характер протікання подальших процесів сумішоутворення і згоряння, як наслідок показники токсичності відпрацьованих газів дизеля та його паливну економічність. Поліпшення якості процесу подачі палива можна забезпечити за рахунок використання емульгованого біопалива. Розглянуто можливість використання емульсії 70 % ріпакової олії і 30 % етилового спирту.

3. Серед фізичних властивостей палива найбільший вплив на характер протікання процесу подачі палива має його в'язкість. В'язкість біоетанолу та палив, вироблених з рослинних олій, істотно відрізняється від в'язкості нафтового дизельного палива.

4. Розроблено методику розрахунку в'язкості нафтового дизельного палива, біопалив на основі рослинних олій і емульгованого біопалива з добавкою етанолу та проведені розрахункові дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] О. В. Грідін, «Значення зернопродуктового підкомплексу в дотриманні продовольчої безпеки України,» *Вісник Харківського національного університету сільського господарства. Економічні науки*. Вип. 161, с. 136–144. 2015.
- [2] С. І. Дем'яненко, «До питання про стратегію розвитку аграрного сектору економіки України,» *Економіка АПК*. № 1, с. 14–19. 2014.
- [3] С. М. Кваша, М. М. Ільчук, І. А. Коновал, «Економічне обґрунтування програми виробництва зерна пшениці в Україні,» *Економіка АПК*. № 3, с. 16–24. 2013.
- [4] В. А. Колодійчук, «Галузеве позиціонування зернопродуктового підкомплексу АПК України,» *Економічний часопис-XXI*. № 9–10(1), с. 45–48. 2014.
- [5] Л. Л. Мельник, «Зерновий комплекс України в аспекті експортних можливостей та державного регулювання,» *Агросвіт*. № 4, с. 13–19. 2013.
- [6] О. М. Світовий, «Шляхи оптимізації виробництва у зернопродуктовому підкомплексі для збільшення доданої вартості,» *Економіка АПК*. № 2, с. 52–58. 2016.
- [7] І. В. Гунько, С. А. Бурлака, А. А. П'ясецький, «Система паливоподачі дизельного двигуна з електронним регулюванням складу дозованої паливної суміші,» *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. № 97, с. 47–51. 2017.
- [8] Ю. В. Гуменюк, «Стратегія розвитку зернопродуктового підкомплексу АПК для забезпечення продовольчої безпеки країни та комплексного розвитку сільського господарства,» *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. № 2, с. 147–152. 2019.

[9] І. В. Гунько, С. А. Бурлака, А. П. Єленич, «Оцінка екологічності нафтового палива та біопалива з використанням методології повного життєвого циклу,» *Вісник Хмельницького національного університету*, Том 2, № 6, с. 246–249. 2018.

[10] І. А. Шльончак, Покращення економічних та екологічних показників транспортних засобів з дизелем шляхом використання сумішевих палив: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту», Нац. трансп. ун-т, Київ, 2013.

Бурлака Сергій Андрійович – асистент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці, e-mail: ipserhiy@gmail.com.

Гуменюк Юрій Володимирович – аспірант кафедри аграрного менеджменту, e-mail: kvbar8055@gmail.com.

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

Галушчак Олександр Олександрович – канд. техн. наук, ст. викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: galushchak.gs@gmail.com.

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

S. Burlaka¹
O. Galushchak²
Y. Humeniuk¹

Research of fuel flow in air injection sprayer with the use of alcohol additives in emulated fuels

¹Vinnitsia National Agrarian University

²Vinnitsia National Technical University

The article analyzes energy crops as sources of raw materials for the production of biofuels and mixtures thereof. The agricultural plants from which alcohol is produced as an additive to biodiesel fuel have been studied and classified. Cereal crops (wheat, barley, rye, oats) are the most promising raw materials for making alcohol additives in emulsified fuel. The analysis of bioethanol production technologies is carried out and the main technical advantages and disadvantages are identified. The article identifies that the production of bioethanol and other by-products is becoming increasingly popular with the use of deep grain processing. It has been found that the improvement of diesel performance on emulsified fuels is explained by the fact that the droplets of emulsified fuel formed after its injection into the combustion chamber (KZ) consist of particles of heavier fuel (in the case considered below - rapeseed oil), within which are particles of easily boiling fuel (ethanol). The dimensions of these particles typically range from one to several micrometers and are virtually independent of fuel spraying conditions. As a result, the use of emulsified fuels in diesels can reduce the smoke of VG, reduce emissions of nitrogen oxides, and reduce fuel consumption. It should be noted again that during the fuel in the flowing part of the nozzles of the nozzles, which is characterized by high speeds, high Reynolds numbers, there are some local hydraulic losses and discontinuous flows. Areas where reduced pressure, gas phase, and two-phase fuel flow may occur. In this regard, the calculation of such flows is also a rather complex hydrodynamic problem, which requires the use of specialized software complexes (PCs). In the computational studies, the simulation of a stationary flow of oil DP and emulsion of 70% RO and 30% ES in the flowing part of the atomizer with maximum lifting of the needle of the nozzle 0,32 mm.

Key words: atomizer, nozzle, bioethanol, biodiesel, grain, fuel flow.

Burlaka Sergiy – assistant of department of General Engineering and Occupational Health, email: ipserhiy@gmail.com.

Galushchak Olexsandr – Ph. D. (Eng.), Senior Lecturer of the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: galushchak.gs@gmail.com.

Humeniuk Yuriy – postgraduate Student of the Department of Agrarian Management, kvbar8055@gmail.com.

С. А. Бурлака¹
А. А. Галушчак²
Ю. В. Гуменюк¹

Исследование течения топлива в распылителе форсунок при использовании спиртовых добавок в эмульгированное топливо

¹Винницкий национальный аграрный университет

²Винницкий национальный технический университет

В статье проведен анализ энергетических культур как источников сырья для изготовления биотоплива и его смесей. Изучены и классифицированы растения сельскохозяйственного назначения, из которых изготавливается спирт в качестве добавки к биодизельному горючему. Наиболее перспективным сырьем для изготовления спиртовой добавки в эмульгированное топливо являются злаковые культуры (пшеница, ячмень, рожь, овес). Проведен анализ технологий изготовления биоэтанола и определены основные технические преимущества и недостатки. В статье определено, что получение биоэтанола и другого побочного сырья становится все более популярным при использовании глубокой переработки зерна. Установлено, что улучшение показателей дизеля, работающего на эмульгированных топливах, объясняется тем, что капли эмульгированного топлива, которые образовались после его впрыска в камеру сгорания (КС), состоят из частиц более тяжелого топлива (в рассматриваемом ниже случае – рапсового масла), внутри которых располагаются частицы легко закипающего топлива (этанола). Размеры этих частиц обычно колеблются от одного до нескольких микрометров и практически не зависят от условий распыления топлива. В результате, применения эмульгированных топлив в дизелях позволяет снизить содержание дыма ОГ, уменьшить выбросы оксидов азота, сократить расход топлива. Следует еще раз отметить, что в течение топлива в проточной части распылителя форсунок, отличается большими скоростями, высокими числами Рейнольдса, присутствием местных гидравлических потерь и отрывных течений. Возможно появление областей, в которых имеет место сниженное давления, появление газовой фазы и двухфазный поток топлива. В связи с этим, расчет таких течений также является достаточно сложной гидродинамической задачей, при решении которой необходимо использование специализированных программных комплексов (ПК). При расчетных исследованиях проведено моделирование стационарного течения нефтяного ДТ и эмульсии 70 % РО и 30 % ЕС в проточной части распылителя при максимальном подъеме иглы форсунки 0,32 мм.

Ключевые слова: распылитель, форсунка, биоэтанол, биодизель, зерно, течение топлива.

Бурлака Сергей Андреевич – ассистент кафедры общетехнических дисциплин и охраны труда, e-mail: ipserhiy@gmail.com.

Галушчак Александр Александрович – канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, e-mail: galushchak.gs@gmail.com.

Гуменюк Юрий Владимирович – аспирант кафедры аграрного менеджмента, e-mail: kvbar8055@gmail.com.