

УДК 621.436

КОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМИ ДИСПЕРГУВАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ПІДВИЩЕНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

**А.М. Кравець, доцент, к.т.н., В.Г. Кравець, доцент, к.т.н., О.І. Прийма, магістрант,
Українська державна академія залізничного транспорту, м. Харків**

Анотація. Проаналізовано параметри, які справляють вплив на ефективність процесу гідродинамічного диспергування. Доведено, що існуюча конструкція системи диспергування дизельного палива на транспортних засобах відрізняється низькою ефективністю. Запропоновано нову конструкцію системи із застосуванням додаткового паливного бака, що дозволить скоротити витрати часу й енергії на обробку палива до потрібного рівня ефективності.

Ключові слова: дизельне паливо, гідродинамічне диспергування, ефективність, система живлення дизельного двигуна.

КОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

**А.М. Кравец, доцент, к.т.н., В.Г. Кравец, доцент, к.т.н., А.И. Прийма, магистрант,
Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков**

Аннотация. Проанализированы параметры, оказывающие влияние на эффективность процесса гидродинамического диспергирования. Доказано, что существующая конструкция системы диспергирования дизельного топлива на транспортных средствах отличается низкой эффективностью. Предложена новая конструкция системы с применением дополнительного топливного бака, что позволит сократить затраты времени и энергии на обработку топлива до необходимого уровня эффективности.

Ключевые слова: дизельное топливо, гидродинамическое диспергирование, эффективность, система питания дизельного двигателя.

DESIGN OF DIESEL FUEL DISPERSING SYSTEM OF IMPROVED EFFICIENCY

**A. Kravets, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences,
V. Kravets, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences, A. Priyma, master
student, Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkiv**

Abstract. Parameters affecting the efficiency of hydrodynamic dispersion have been analyzed. The efficiency of the existing design of diesel-fuel dispersing systems for transport vehicles has been proved insufficient. A new design of the system with an additional fuel tank has been proposed to reduce time and energy consumption required for fuel treatment to the desired level of efficiency.

Key words: diesel fuel, hydrodynamic dispersing, efficiency, diesel-engine feed system.

Вступ

Диспергування дизельного палива відоме як один зі способів покращення його протизношувальних властивостей. Метою диспергування є подібнення часток механічних до-

мішок до розмірів, менших, ніж робочі зазори у прецизійних парах тертя паливної апаратури дизелів (менше 5 мкм). Таким чином зменшиться абразивна активність цих часток, що сприяє зменшенню зношення пар тертя паливної апаратури і, відповідно, збі-

льшенню строку їх служби. Також, на думку більшості фахівців у галузі тертя та зношення, часточки механічних домішок розміром менше 5 мкм, які містяться у мастильному матеріалі, є навіть корисними, оскільки здатні заповнювати впадини мікронерівностей і нівелювати поверхні тертя.

Аналіз публікацій

Для диспергування дизельного палива рекомендується застосовувати гідродинамічний диспергатор [1], принцип дії якого полягає у подрібненні механічних домішок при ударі об перепону під час їх руху разом із потоком рідини (палива). До того ж під час гідродинамічного диспергування за рахунок локального нагріву при ударі об перепону з дизельного палива видаляється вода, що достатньо часто міститься в ньому, за рахунок чого знижується корозійна агресивність палива [2], що також впливає на ступінь та швидкість зношування прецизійних пар тертя паливної апаратури.

Механічні домішки подрібнюються до мінімально необхідних розмірів не одразу, а тільки після декількох проходів через гідродинамічний диспергатор під певним тиском. Для оцінювання ефективності диспергування можна застосовувати співвідношення коефіцієнта протизношувальних властивостей k_j [3] та витрат енергії на роботу диспергатора [4]. Значення коефіцієнта k_j визначається за формулою

$$k_j = \frac{\chi_5 \cdot 5}{\chi_{5-10} \cdot 10 + \chi_{10-25} \cdot 25 + \chi_{25-50}} \times \frac{\chi_5 \cdot 5}{50 + \chi_{50-100} \cdot 100 + \chi_{100-200} \cdot 200}, \quad (1)$$

де χ_5 – кількість часток забруднень розміром менше 5 мкм у 100 см³ палива; $\chi_{5-10} \cdot \chi_{10-25} \cdot \chi_{25-50} \cdot \chi_{50-100} \cdot \chi_{100-200}$ – кількість часток забруднень розміром 5–10, 10–25 мкм і т.п. у 100 см³ палива.

Енерговитрати на диспергування E' , кВт·год/м³, визначають як [4]

$$E' = 0,28 \cdot p \cdot N, \quad (2)$$

де p – перепад тиску на диспергаторі, МПа; N – кратність обробки палива.

Проведені дослідження і розрахунки показали, що достатньо високого значення коефіцієнт k_j досягає після 14–16-кратної обробки дизельного палива під тиском 0,4–0,5 МПа [1]. При продовженні диспергування значення коефіцієнта k_j збільшується дуже повільно, поступово стабілізуючись, і подальша обробка палива втрачає сенс. Сумарні витрати енергії на диспергування із плином часу тільки збільшуються [4], тим самим знижуючи значення співвідношення $\frac{k_j}{E'}$.

Запропонований спосіб обробки дизельного палива є найбільш ефективним при застосуванні його безпосередньо перед подачею палива у систему живлення дизельного двигуна. В такому випадку потрібні умови обробки дизельного палива (тиск на диспергаторі та циклічність обробки) можна створити шляхом встановлення на борту транспортного засобу додаткової системи гідродинамічного диспергування [4, 5] (рис. 1).

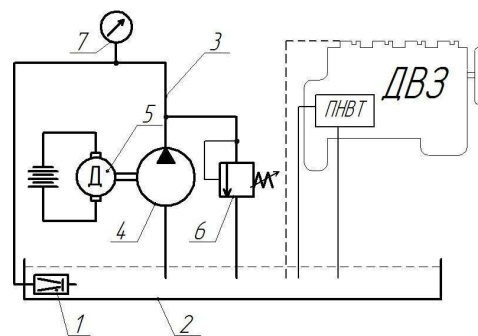


Рис. 1. Система диспергування дизельного палива на транспортному засобі

Дана система складається із гідродинамічного диспергатора 1, встановленого на додатковому замкненому на бак 2 паливопроводі 3, насоса 4, який приводиться в дію від власного електричного двигуна 5 і служить для подачі палива до диспергатора, клапана 6 (наприклад, регульованого запобіжного або редуційного), призначеного для встановлення необхідного тиску в системі, та манометра 7, за яким цей тиск контролюють.

Мета і постановка задачі

У статті розглядається питання ефективності роботи системи диспергування дизельного палива, приведеної на рис. 1 конструкції при встановленні її на транспортних засобах. Критерієм ефективності в даному випадку

виступає факт швидкого досягнення потрібної кратності проходу палива через диспергатор і подачі у систему живлення дизеля палива, яке має високе значення коефіцієнта протизношувальних властивостей k_j .

Ефективність роботи системи диспергування дизельного палива

Роботу системи диспергування палива можна вважати ефективною, якщо вона має таку продуктивність, яка забезпечує постійну подачу в систему живлення дизеля палива, яке пройшло через гідродинамічний диспергатор 14–16 разів. Аналіз параметрів системи диспергування дизельного палива, наведеної на рис. 1, дає змогу стверджувати, що на швидкість обробки впливає об'єм палива у баці транспортного засобу та пропускна здатність системи диспергування, тобто витрата через диспергатор. Це виходить із залежності

$$t_{\text{обр}} = \frac{G \cdot N}{3600 \cdot Q}, \quad (3)$$

де $t_{\text{обр}}$ – час, необхідний на обробку палива, год; G – об'єм палива, що підлягає диспергуванню, м^3 ; N – кратність обробки, $N = 16$ раз; Q – витрата палива через диспергатор, $\text{м}^3/\text{с}$.

Об'єм палива, що підлягає диспергуванню, при розрахунках приймається рівним максимальному об'єму паливного бака транспортного засобу. Витрата палива через диспергатор Q , $\text{м}^3/\text{с}$, визначається за виразом

$$Q = \mu \cdot F_{\text{ГД}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p}{\rho}}, \quad (4)$$

де μ – коефіцієнт витрат, який залежить від конусності сопла диспергатора, $\mu = 0,945$ (при куті 13°); $F_{\text{ГД}}$ – площа перетину вихідного отвору диспергатора, м^2 ; p – тиск у системі диспергування, $p = 0,4$ МПа; ρ – густина дизельного палива, $\rho = 820\text{--}840$ $\text{кг}/\text{м}^3$.

Таким чином, як видно із формул (3) і (4), на витрату часу на диспергування впливає розмір (діаметр) вихідного отвору диспергатора. У свою чергу збільшення діаметра отвору веде до збільшення габаритів диспергатора й утруднення його встановлення та закріплення на транспортному засобі, тому діаметр отвору диспергатора має знаходитись у межах 1–5 мм.

Одним із виходів у даній ситуації є застосування у системі декількох диспергаторів. Але така конструкція потребує наявності достатнього місця на борту транспортного засобу та ускладнює компонування системи в цілому. Тому застосування більше 3–4 диспергаторів в одній системі диспергування дизельного палива є нерациональним, а це все одно не дозволяє досягти бажаної швидкості обробки палива.

Як показують попередні розрахунки (табл. 1), залежно від об'єму паливного бака G транспортного засобу (для більшості будівельних і дорожніх машин – кілька сот літрів) максимальної ефективності гідродинамічного диспергування дизельного палива можна досягти лише через досить тривалий час (від декількох десятків хвилин до декількох годин, а інколи – і десятків годин). Це означає, що більшу частину часу в систему живлення дизельного двигуна буде поступати дизельне паливо із низьким ступенем диспергування, тобто система диспергування буде працювати неефективно та витрачатиметься енергія на непродуктивне перекачування палива.

Причиною, яка перешкоджає досягненню необхідного технічного результату роботи системи (рис. 1), є те, що оброблене за допомогою диспергатора дизельне паливо зливається знову в бак транспортного засобу, звідки забирається системою живлення дизеля через головний паливопровід.

Усунути описаний вище недолік роботи системи диспергування палива можна шляхом застосування додаткового паливного бака. В такому випадку система буде мати вигляд, наведений на рис. 2. Вона складається з гідродинамічного диспергатора 1, насоса 2, який приводиться в дію від електродвигуна 3, що живиться від бортової енергосистеми транспортного засобу 4, запобіжного клапана 5, манометра 6 для контролю тиску у системі, додаткового паливного бака 7, в який поступає оброблене на диспергаторі 1 дизельне паливо.

Додатковий бак з'єднаний через кулькові клапани гравітаційного типу 8 із забірним паливопроводом насоса системи диспергування 2 та головним паливопроводом 9 системи живлення дизельного двигуна. Для видалення із додаткового бака парів палива і повітря, а також для запобігання утворенню в баку надмірного тиску служить зливний паливопровід 10, з'єднаний із паливним баком транспортного засобу 11.

Таблиця 1 Витрата часу на диспергування дизельного палива за допомогою системи на рис. 1

Кількість диспергаторів у системі n	Діаметр вихідного отвору диспергатора d , мм	Час обробки $t_{\text{обр}}$, год, за об'єму бака		
		$G = 100$ л	$G = 300$ л	$G = 500$ л
1	1	19,4	58,2	97,07
	3	2,15	6,47	10,78
	5	0,77	2,33	3,88
2	1	9,7	29,12	48,53
	3	1,08	3,23	5,4
	5	0,39	1,16	1,94
3	1	6,47	19,4	32,35
	3	0,72	2,15	3,59
	5	0,26	0,77	1,29
4	1	4,85	14,56	24,27
	3	0,54	1,62	2,7
	5	0,194	0,58	0,97

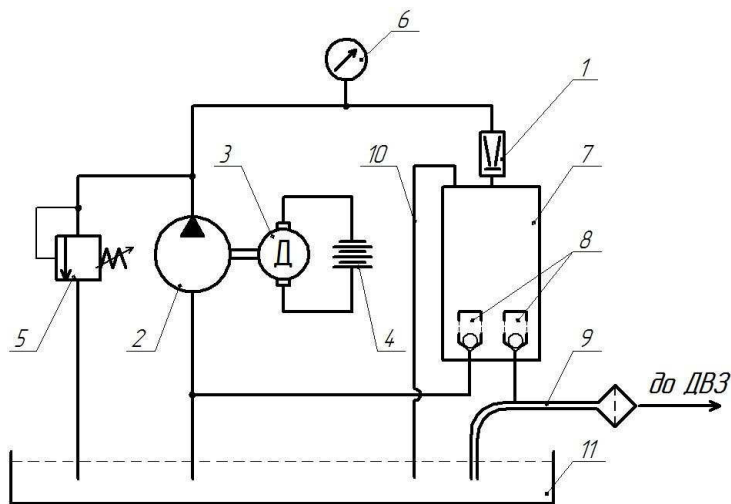


Рис. 2. Система диспергування дизельного палива підвищеної ефективності

Насос 2 подає дизельне паливо з паливного бака 11 до диспергатора 1, де паливо піддається механічній обробці, в результаті чого покращуються його протизношувальні, антифрикційні та антикорозійні властивості. Тиск у системі диспергування підтримується на рівні 0,4 МПа за допомогою регульованого запобіжного клапана 5. Після обробки паливо поступає у додатковий бак 7. Через клапани 8 оброблене паливо поступає у головний паливопровід 9 системи живлення дизельного двигуна та у забірний паливопровід насоса 2.

Така конструкція системи диспергування забезпечить постійну подачу в систему живлення дизельного двигуна палива, яке має високий ступінь диспергування (тобто пройшло необхідну кількість разів через гідродинамічний диспергатор). Це дозволить використовувати систему із максимальною ефективністю та знизити витрати енергії на реалізацію цього процесу.

Додатковий паливний бак 7 може мати досить незначний об'єм (8–15 л), який в першу чергу залежить від зручності компонування самої системи та розташування її на транспортному засобі. Кулькові клапани 8 гравітаційного типу мають запірні кульки, виготовлені із матеріалу (наприклад, пластику), який має густину, меншу за густину дизельного палива (тобто менше 820 кг/м^3). Призначені ці клапани для запобігання потраплянню повітря у головний паливопровід дизеля та в систему диспергування в початковий період роботи системи, поки додатковий бак не наповниться паливом. При наповненні бака 7 паливом клапани 8 легко відкриваються і забезпечують подачу палива у потрібних напрямках. При конструюванні кулькових клапанів гравітаційного типу потрібно дотримуватись двох умов: по-перше, кульки повинні щільно прилягати до посадочних конусів під дією власної ваги і не допускати просочування повітря через клапан у моменти, коли додатко-

вий бак є пустим; по-друге, кульки мають легко спливати при наповненні додаткового бака, і не перешкоджати руху продиспергованого палива. Коли система диспергування не працює і додатковий бак 7 є порожнім, паливо в систему живлення дизеля поступає безпосередньо із бака 11 транспортного засобу.

Подача палива із бака 7 до забірною паливопроводу насоса 2 забезпечує циклічність обробки палива та швидке досягнення необхідного рівня ефективності роботи системи диспергування. Витрати часу на наповнення бака дизельним паливом, продиспергованим 16 разів, складуть 5–8 хв.

Для гарантування подачі у систему живлення дизельного двигуна 9 палива, продиспергованого до максимального ступеня ефективності, потрібно підбирати насос 2 з урахуванням умови: подача насоса має бути орієнтовно в 16 раз більше, ніж максимальна можлива витрата палива двигуном транспортного засобу, що забезпечить швидку 16-кратну обробку палива на гідродинамічному диспергаторі. Дотримання вищенаведеної умови дозволяє скоротити витрати енергії дизельного двигуна на диспергування палива, оскільки обробці піддається тільки така кількість палива, яка споживається двигуном.

При монтажі системи диспергування запропонованої конструкції на транспортному засобі бажано розмістити її якомога ближче до паливного бака і місця забору палива штатним паливопроводом системи живлення дизеля. Гідродинамічний диспергатор або блок диспергаторів має бути зафіксований безпосередньо на додатковому баку – це зменшить кількість гнучких з'єднань і усуне необхідність застосування додаткового кронштейна для диспергаторів. Манометр краще застосовувати дистанційний, який працює через датчик тиску, що дозволить розташувати його у кабіні транспортного засобу для зручності контролю роботи системи.

Висновки

1. Ефективність роботи системи гідродинамічного диспергування дизельного палива залежить від об'єму палива, що підлягає обробці, та геометричних параметрів диспергатора.
2. Система диспергування дизельного палива замкнена на паливний бак; при встановленні її на будівельні, дорожні та інші машини має низьку ефективність через значні витрати часу на обробку палива.

3. Одним зі способів значно підвищити ефективність роботи системи диспергування дизельного палива є застосування в її конструкції додаткового паливного бака незначного об'єму, що дозволить накопичувати дисперговане дизельне паливо із високим значенням коефіцієнта протизношувальних властивостей та постійно подавати його у систему живлення дизеля.

Література

1. Венцель Е.С. Диспергирование дизельного топлива с целью улучшения его противоизносных свойств / Е. С. Венцель, А. М. Кравец // Автомобильный транспорт: проблемы и перспективы : материалы V междунар. науч.-техн. конф. Севастополь, 9-14 сент. 2002 г. / М-во образ. и науки Украины, Севастоп. нац. техн. ун-т, Нац. трансп. ун-т, Харьк. нац. автом.-дор. ун-т. – Севастополь, 2002. – С. 70–74.
2. Кравець А. М. Антикоровісні та протизношувальні властивості диспергіваного дизельного палива / А. М. Кравець // Удосконалення систем та комплексів електричної тяги : зб. наук. пр. / Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – 2003. – Вип. 55. – С. 81–84.
3. Венцель Е.С. Гранулометрический состав загрязнений как один из факторов, определяющих противоизносные свойства масел / Е. С. Венцель // Трение и износ. – 1992. – Т. 13, №4. – С. 682–687.
4. Венцель Е.С. Застосування диспергування дизельного палива в умовах експлуатації машин / Е.С. Венцель, А. М. Кравець, Ю.В. Калініна // Підвищення ефективності перевантажувальних, будівельних і колійних робіт на транспорті : зб. наук. пр. / Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – 2006. – Вип. 73. – С. 56–60.
5. Пат. 65963 UA : МКИ⁷ F01M31/00 / Паливна система дизельного двигуна внутрішнього згоряння: текст / Венцель Е. С., Жалкін С. Г., Кравець А. М.; заявник та патентовласник Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – №2003076326; заявл. 08.07.2003; опубл. 15.12.2005, Бюл. №12.

Рецензент: Л.А. Тимофеева, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 16 травня 2012 р.