

УДК 621.436

Поляков Андрій Павлович, Коробов Сергій Сергійович, Квасневський Сергій Олександрович

ВПЛИВ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДИЗЕЛІВ КАМАЗ-740 ЗМІНИ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ФОРСУНКИ

При проведенні дослідження встановлено, що зміна діаметру соплових отворів в форсунці з 0,12 до 0,16 мм практично не впливає на техніко-економічні та екологічні показники дизеля, в діапазоні 0,16 до 0,26 мм вони покращуються, подальше збільшення діаметрів соплових отворів значно погіршує показники двигуна.

При проведенні исследования установлено, что изменение диаметра сопловых отверстий в форсунке с 0,12 до 0,16 мм практически не влияет на технико-экономические и экологические показатели дизеля, в диапазоне 0,16 до 0,26 мм они улучшаются, дальнейшее увеличение диаметра сопловых отверстий значительно ухудшает показатели двигателя.

The main purpose of this paper is to study the impact on the technical , economic and environmental performance of diesel KamAZ-740 changes the design parameters of the nozzle.

The study was conducted using the design of the " Diesel-RK."

The base diameter of nozzle holes is 0,2 mm diameter nozzle at such holes rated power output is 154 kW. Increasing the diameter of nozzle holes to 0,24 mm results in a slight increase in the rated power of the engine. Further increase in the diameter of the injector nozzle holes , crucially, the process of mixing , leading to a reduction in engine power by 5,5 % from the baseline value of power.

Increasing the diameter of the nozzle holes to 0,24 mm leads to an increase in maximum torque by 0.9 % , a further increase in the diameter of the nozzle orifice leads to a decrease in maximum torque by 5,4 % from the baseline value.

Increasing the diameter of nozzle holes a few mm to 0,24 improves the fuel efficiency of the engine. Further increase in the diameter of the injector nozzle holes to 0,28 mm reduces fuel dalekobiynist current angle of opening, as deteriorating profitability of the engine- effective specific fuel consumption increases by 6,5%.

Reducing the diameter of the nozzle holes in the atomizer to 0.12 mm has virtually no effect on the technical and economic performance of diesel.

Increasing the diameter of nozzle holes leads to the reduction of nitrogen oxides , changes in the diameter of the nozzle holes in the nozzles of 0,12 mm to 0,24 mm has virtually no effect on the amount of particulate matter in the exhaust gases , further increasing the diameter of nozzle holes in the atomizer to 0,28 mm leads to a significant increase in emissions of particulate matter in the exhaust gases.

Thus , reducing the diameter of the nozzle holes virtually no effect on the technical , economic and environmental performance of diesel KamAZ-740 , increasing the diameter of the injector nozzle holes to 0,24 mm allows to increase engine power and maximum torque of nearly 5% without changing the rest of the structural parameters Aperture. Further increase in the diameter of the injector nozzle holes worsen the techno-economic and environmental performance of the engine.

Keywords: techno- economic performance, environmental performance , diesel, injector design parameters.

Ключові слова: техніко-економічні показники, екологічні показники, дизель, конструктивні показники форсунок.

Сумішоутворення у дизелях починається з початком впорскування палива і закінчується майже одночасно з кінцем його згорання. На характер процесу сумішоутворення в порівнянні з бензиновими двигунами впливають такі особливості: гірша випарність дизельного палива в порівнянні з бензинами; протікання значної частини процесу сумішоутворення відбувається разом з процесами впорскування палива і згорання; більша нерівномірність у часі розподілу палива в об'ємі камери згорання.

Процеси сумішоутворення в дизелях вбирають в себе впорскування і розпилювання палива, розподіл його в об'ємі камери згорання, нагрівання, випаровування палива, змішування парів палива з повітрям.

Впорскування палива в камеру згорання починає здійснюватись системою живлення дизеля паливом в кінці такту стиску ще до приходу поршня у ВМК. Витікання палива з розпилювача форсунок відбувається під дією перепаду тиску у розпилювачі і камері згорання. Тиск впорскування змінюється в процесі паливоподачі, що приводить до зміни швидкості витікання палива з розпилюючих (соплових) отворів форсунок і об'ємної секундної подачі палива.

Розпилювання палива - це процес роздібнення струмини палива на окремі дрібні краплі, завдяки чому значно збільшується поверхня рідкого палива, прискорюється його прогрівання і випаровування. Роздібнення паливних струмин починається з появи в них початкових збурень під час їх руху в соплових отворах. Розмір цих збурень залежить від конструкції розпилювача, швидкості руху струмини, гостроти вхідних і вихідних кромek соплових отворів тощо. Під дією початкових збурень і сил аеродинамічного опору струмина рідкого палива роздібнюється на частки, краплини різного діаметра, які після повторних деформацій і розпаду складають у факелі розпиленого палива сукупність крапель різного діаметра.

Розвиток і структура факела розпиленого палива характеризується такими параметрами (рис. 1, а): довжиною L_{ϕ} , шириною B_{ϕ} , кутом розпилювання γ_{ϕ} , швидкістю руху переднього фронту $W_{\phiп}$ факела; концентрацією палива $C_{п}$ в перерізах факела за довжиною (рис. 1, б).

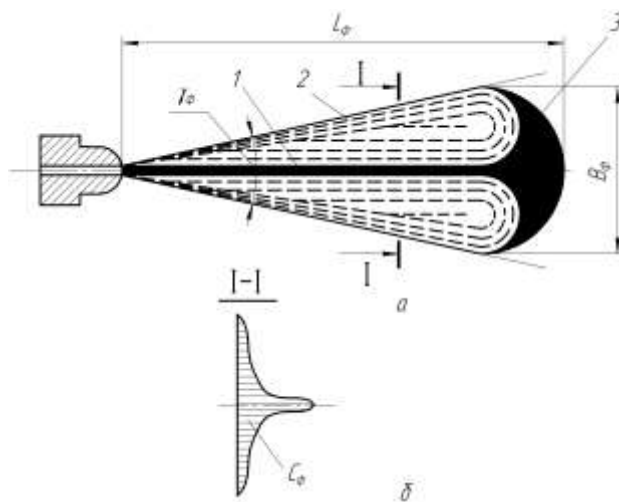


Рисунок 1 - Схема факела розпиленого палива

Експериментальні дослідження свідчать про те, що розподілення крапель у факелі дуже нерівномірне: густина їх найбільша вдовж осі 1 і у фронті (головці) 3 факела і найменша у його зовнішній оболонці 2. Воно значно залежить від параметрів впорскування, конструктивних особливостей розпилювача, фізичних якостей палива і робочого тіла в камері згоряння і режимів роботи системи живлення. В той же час локальні концентрації палива у факелі, як і параметри факела, значно впливають на процеси сумішоутворення і згоряння і тому повинні бути узгоджені з типом і параметрами камери згоряння і робочого тіла в ній.

У сучасних автомобільних дизелях застосовуються три типи камер згоряння: нерозділені (однопорожнинні), які складаються з простору над поршнем і неглибокої порожнини в поршні; напіврозділені, в яких значна частина об'єму камери згоряння (до 70,..90 %) міститься у поршні; розділені (двопорожнинні), в яких камера згоряння складається з простору над поршнем і додаткового об'єму, розташованого у головці циліндра (так звані вихрові камери і передкамери).

У сучасних дизелях в основному використовують такі методи сумішоутворення: об'ємне, об'ємно-плівкове і плівкове. У деяких випадках конструктивними особливостями камери визначаються тип і розвиток процесу сумішоутворення в дизелі, тому надалі розглядаються конструкції основних камер згоряння дизелів і методи сумішоутворення в них.

У разі об'ємного і об'ємно-плівкового сумішоутворення в дизелі струмись палива, що виходить з розпилювача, повинен дробитися на дрібні краплі. Розміри крапель, що забезпечують швидке згоряння в дизелі, знаходяться в межах 5-40 мкм. Більш великі краплі, які утворюються зазвичай в кінці уприскування, можуть затягнути процес згоряння і сприяти виділенню сажі. Занадто дрібні краплі (розміром до 10 мкм) випаровуються поблизу розпилювача форсунки, що ускладнює використання повітря у віддалених точках камери згоряння.

За інших рівних умов швидкості прогріву і випаровування крапель залежать від загальної поверхні палива і маси (обсягу) кожної частинки, тобто від діаметра крапель. Тому якість розпилювання характеризується діаметром крапель. При дробленні струменя, як зазначалося вище, утворюються краплі різних діаметрів, що ускладнює оцінку розпилювання по їх істинним розмірами.

Якість розпилювання оцінюють середніми діаметрами крапель. Для їх підрахунку сукупність крапель, отриману в результаті дроблення струменя, замінюють краплями, що мають однаковий (середній) діаметр. Якість процесу розпилювання залежить від швидкості руху часток палива, фізичних властивостей газового середовища, фізичних властивостей палива, конструктивних особливостей розпилювача.

Дрібність і однорідність розпилювання поліпшуються при збільшенні швидкості руху часток палива, тобто швидкості витікання палива із соплових отворів розпилювача. Ця швидкість визначається тиском уприскування і змінюється в процесі упорскування відповідно до характеристики уприскування.

Із збільшенням швидкісного режиму і циклової подачі палива підвищується тиск уприскування і, отже, швидкості витікання палива із соплових отворів і поліпшується дрібність розпилювання.

Підвищення щільності середовища, в яку здійснюється впорскування, збільшує опір руху крапель і сприяє їх дробленню. Однак при підвищенні щільності середовища швидше зменшується швидкість крапель, і вони не встигають досягти нестійкої форми. Такі краплі дробитися не будуть. Досліди показують, що з підвищенням щільності газового середовища дрібність розпилювання змінюється незначно.

Великий вплив на дроблення струменя і розміри крапель надають фізичні властивості палива. Сили внутрішнього тертя зменшують обурення в потоці при його русі в розпилювачі, в результаті із зростанням в'язкості дрібність і однорідність розпилювання палива погіршуються. Сили поверхневого натягу стабілізують струмені і краплі, але сприяють дробленню плівок. З ростом сил поверхневого натягу дрібність розпилювання погіршується менше, ніж із зростанням сил внутрішнього тертя. Щільність палива мало впливає на розпилювання і розміри крапель.

З конструктивних параметрів розпилювача на дрібність розпилювання впливають відношення довжини l_c соплового отвору до його діаметра d_c . Діаметри крапель виходять менше при відношенні $l_c/d_c = 3 \dots 4$. Розпилювання поліпшується і в разі створення попередніх збурень у паливі при його русі в каналах розпилювача.

При збільшенні діаметра соплових отворів і незмінному їх загальному прохідному перерізі ($\mu_c/f_c = \text{const}$) зростає далекобійність факела. Це пояснюється збільшенням маси палива, що випливає з соплового отвору і, отже, його кінетичної енергії.

Основною метою роботи є дослідження впливу на техніко-економічні та екологічні показники дизелів КамАЗ-740 зміни конструктивних параметрів форсунки.

У завдання роботи входила розробка рекомендацій щодо зміни конструктивних параметрів форсунки для покращення техніко-економічних та екологічних показників дизелів КамАЗ-740.

Як відомо, збільшення діаметру соплових отворів в форсунках дизеля при збереженні показників роботи паливної системи зменшує час впорскування палива, але це може призвести також до зменшення далекобійності струї та збільшення кута її розкриття.

Зменшення часу впорскування палива без зміни величини кута випередження впорскування палива дозволяє збільшити час на випаровування палива і може покращити процес сумішоутворення.

Навпаки, зменшення далекобійності струї палива утворює умови при яких виникають зони в яких значна кількість палива окислюється невеликою кількістю кисню, яке знаходиться в повітрі, та зони в яких незначна кількість палива окислюється великою кількістю кисню, яке знаходиться в повітрі, тобто зони перезбагаченої та збідненої паливо-повітряної суміші.

Зменшення кута розкриття паливного струменя при впорскуванні палива в циліндри двигуна призводить до зменшення загальної поверхні паливного факела та погіршує процес випаровування палива, це в свою чергу погіршує процес сумішоутворення.

Зменшення діаметра соплового отвору призводить до збільшення часу впорскування палива, можливі випадки, при яких впорскування палива буде здійснюватись при досягненні поршнем верхній мертвій крапки і навіть при русі поршня до нижній мертвій крапки, це безумовно погіршує техніко-економічні показники дизеля.

Результати розрахункового дослідження впливу зміни діаметра соплових отворів форсунок на показники дизелів КамАЗ-740 представлені графічними залежностями номінальної потужності N_e , максимального крутного моменту M_e , питомої ефективної витрати палива g_e , концентрації оксидів азоту NO_x , емісії твердих часток у відпрацьованих газах в залежності від кількості соплових отворів форсунок дизеля, які наведені на рис. 2-6.

Дослідження проведено за допомогою розрахункової програми «Дизель-РК».

Вихідні дані для проведення розрахунків відповідають конструктивним даним базового дизеля КамАЗ-740.

Тиск та температура повітря в циліндрах дизеля відповідають показникам базового дизеля КамАЗ-740. Тиск впорскування палива та кут випередження впорскування палива не змінювались.

Розглянемо вплив діаметра соплових отворів на номінальну потужність дизеля КамАЗ-740 (рис. 2).

Базовий діаметр соплових отворів складає 0,2 мм, при такому діаметрі соплових отворів номінальна потужність двигуна складає 154 кВт. Збільшення діаметра соплових отворів до 0,24 мм призводить до незначного збільшення номінальної потужності двигуна до 155 кВт (на 0,65%). Подальше збільшення діаметру соплових отворів форсунки значно погіршує процес сумішоутворення, що приводить до зменшення потужності двигуна до 146 кВт (на 5,5% менше від базового значення потужності).

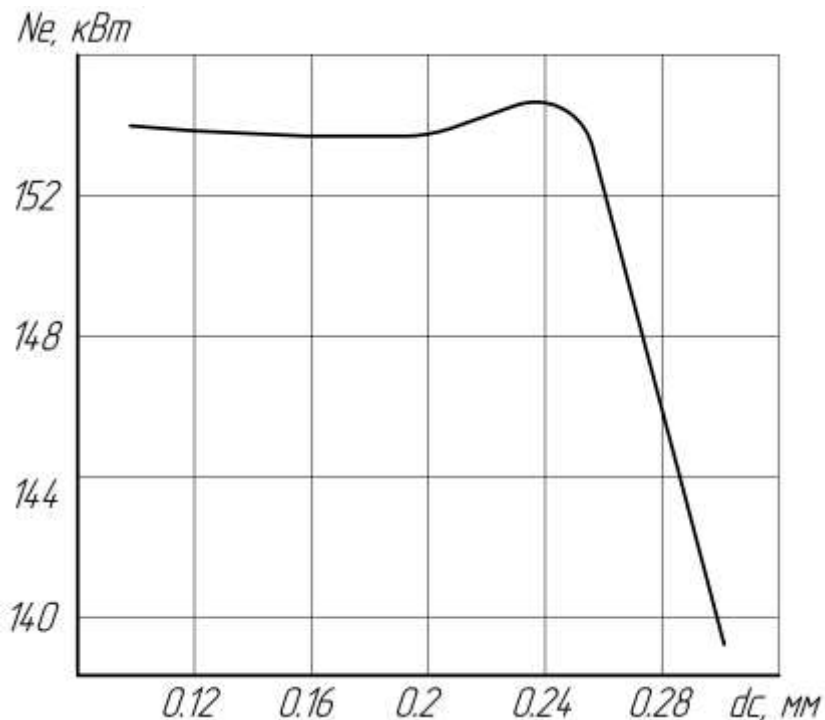


Рисунок 2 – Залежність номінальної потужності N_e двигуна КамАЗ-740 від діаметра соплових отворів в форсунці

При зменшенні діаметру соплових отворів до 0,12 мм показники потужності двигуна практично не змінюються, але зменшення діаметра соплового отвору приводить до збільшення імовірності закоксування форсунок. Крім того, виготовлення соплових отворів такого малого діаметру викликає технологічні складності.

Аналізуючи графічну залежність максимального крутного моменту M_e двигуна КамАЗ-740 від діаметра соплових отворів в форсунці можливо відмітити таку ж тенденцію по впливу діаметру соплових отворів на номінальну потужність (рис. 3).

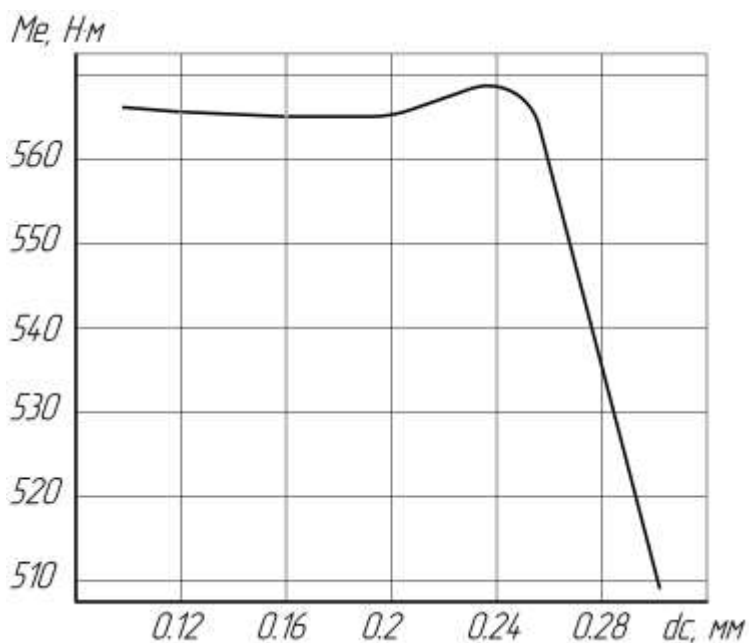


Рисунок 3 – Залежність максимального крутного моменту M_e двигуна КамАЗ-740 від діаметру соплових отворів в форсунці

Збільшення діаметру соплових отворів до 0,24 мм призводить до збільшення максимального крутного моменту з 564 Н*м до 569 Н*м (на 0,9%), подальше збільшення діаметра соплового отвору приводить до зменшення максимального крутного моменту до 535 Н*м, на 5,4% менше від базового значення.

Зменшення діаметру соплових отворів в форсунці до 0,12 мм практично не впливає на значення максимального крутного моменту.

Розглянемо, як впливає діаметр соплових отворів в форсунці на показники економічності дизеля КамАЗ-740 (рис. 4).

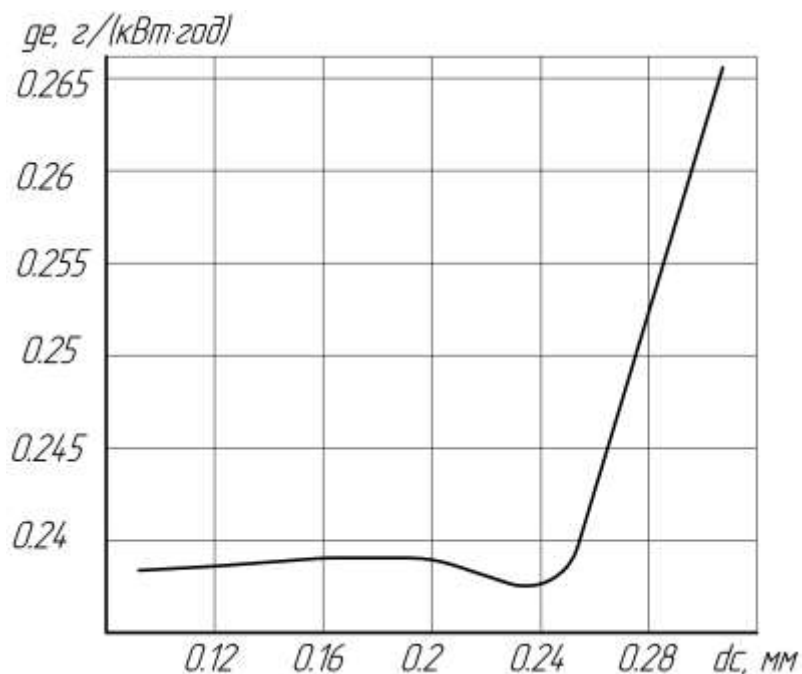


Рисунок 4 – Залежність питомої ефективної витрати g_e двигуна КамАЗ-740 від діаметру соплових отворів в форсунці

Як відмічалось раніше зміна процесу сумішоутворення при зміні діаметра соплових отворів в форсунках дизеля при збереженні їх кількості змінює час впорскування палива, це може призвести також до зміни далекобійності струї та кута її розкриття.

Все це впливає на показники економічності дизеля. Збільшення діаметра соплових отворів до 0,24 мм декілька покращує паливну економічність двигуна: питома ефективна витрата палива зменшується з 239 г/(кВт*год) до 237 г/(кВт*год) (на 0,8%). Подальше збільшення діаметра соплових отворів форсунки до 0,28 мм зменшує далекобійність паливної струї, кут її розкриття, тому погіршується економічність двигуна – питома ефективна витрата палива збільшується з 237 г/(кВт*год) до 252,5 г/(кВт*год) (на 6,5%).

Зменшення діаметра соплових отворів форсунки дизеля до 0,12 мм призводить до незначної зміни паливної економічності. Але, вплив діаметра соплових отворів на економічні показники двигуна дуже незначний, зберігається тенденція впливу така ж як на номінальну потужність та максимальний крутний момент дизеля.

Розглянемо вплив діаметра соплових отворів форсунки на утворення кількості окислу азоту в відпрацьованих газах (рис. 5).

Збільшення діаметра соплових отворів до 0,24 мм призводить до зменшення кількості окислів азоту з 1150 млн⁻¹ до 1105 млн⁻¹, тобто на 4,1%. Подальше збільшення діаметра соплових отворів форсунки приводить до значного зменшення кількості окислів азоту до 800 млн⁻¹, від значення базового дизеля на 43,75%.

Зменшення діаметра соплових отворів до 0,12 мм приводить до зменшення кількості окислів азоту до 1100 млн⁻¹, що на 4,5% менше від значення базового дизеля.

Проаналізуємо вплив зміни кількості соплових отворів на емісію твердих часток в відпрацьованих газах (рис. 6).

Зміна діаметра соплових отворів в форсунках з 0,12 мм до 0,24 мм практично не впливає на кількість твердих часток у відпрацьованих газах, яка знаходиться в межах 180 г/(кВт*год).

Подальше збільшення діаметра соплових отворів в форсунці до 0,28 мм приводить до значного збільшення емісії твердих часток у відпрацьованих газах до 700 г/(кВт*год), майже в 3,88 разу від значення базового дизеля.

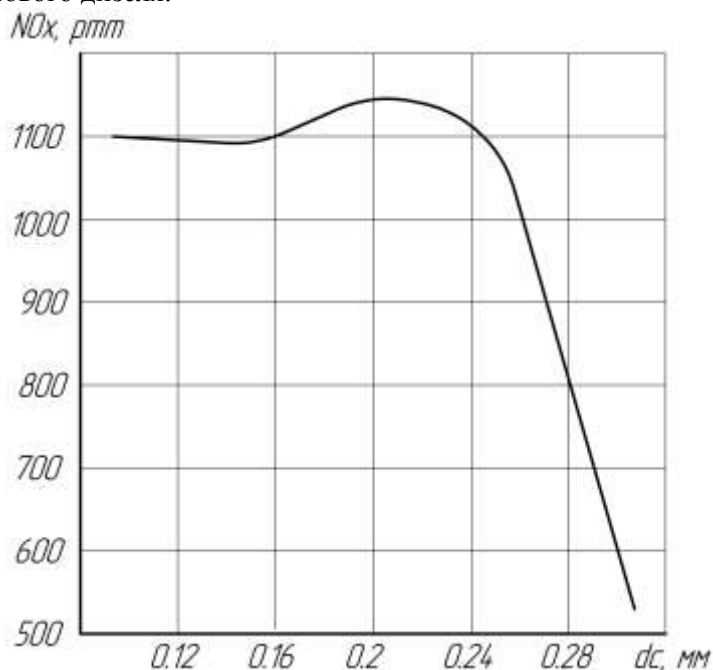


Рисунок 5 – Залежність викидів окислів азоту NO_x двигуна КамАЗ-740 від діаметра соплових отворів в форсунці

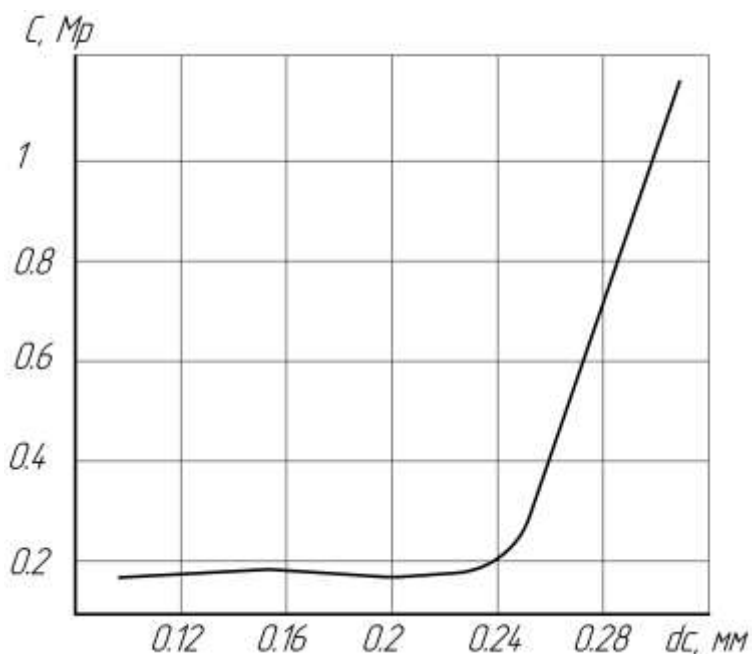


Рисунок 6 - Залежність емісії твердих часток в відпрацьованих газах двигуна КамАЗ-740 від діаметра соплових отворів в форсунці

Таким чином, зменшення діаметра соплових отворів практично не впливає на техніко-економічні та екологічні показники дизеля КамАЗ-740, збільшення діаметра соплових отворів форсунки до 0,24 мм дозволяє підвищити номінальну потужність двигуна та максимальний крутний момент майже на 5% без зміни решти конструктивних показників системи живлення. Подальше збільшення діаметра соплових отворів форсунки погіршує техніко-економічні та екологічні показники двигуна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамчук Ф.І. Автомобільні двигуни: Підруч. для студентів спец. "Автомобілі та автомобільне господарство" вищ. навч. Закладів / Ф.І. Абрамчук, Ю.Ф. Гутаревич, К.С. Долганов, І.І. Тимченко. - К.: Арістей, 2004. - 438 с.
2. Стуканов В.А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля: Учебное пособие / В.А. Стуканов. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 368 с.
3. Шароглазов Б.А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания» / Б.А. Шароглазов, М.Ф. Фарафонов, В.В. Клементьев. - Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2004. - 344 с.
4. Шатров М.Г. Автомобильные двигатели : учебник для студ. высш. учеб. заведений / М.Г. Шатров, К.А. Морозов, И.В. Алексеев. - 2-е изд., испр. - М.: Издательский центр «Академия», 2011. - 464 с.

Рецензенти:

Анісімов В.Ф., завідувач кафедри «Трактори, автомобілі і електротехнічні системи» Вінницького національного аграрного університету, д.т.н., професор;

Сивак І.О., завідувач кафедри Технології та автоматизації машинобудування Вінницького національного технічного університету, д.т.н., професор