

УДК 621.436

Маріянко Богдан Сергійович, Поляков Андрій Павлович

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ НА ПОКАЗНИКИ ДИЗЕЛЯ ЯМЗ-238 ЗМІНИ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ

В роботі проведено дослідження впливу на техніко-економічні та екологічні показники дизеля зміни діаметра поршня та його ходу при збереженні літрового об'єму дизеля.

Встановлено, що при збільшенні відношення діаметра поршня до його ходу зі збереженням літрових показників дизеля можливо їх покращення, але при цьому збільшуються його габаритні розміри і відповідно вага.

В работе проведено исследование влияния на технико-экономические и экологические показатели дизеля изменения отношения диаметра поршня и его хода при сохранении литрового объема.

Установлено, что при увеличении отношения диаметра поршня к его ходу с сохранением литровых показателей дизеля позволяет их улучшить, но при этом увеличиваются его габаритные размеры и соответственно вес.

Significant effect to enhance technical, economic and environmental performance of diesel can be achieved by changing the design parameters of the cylinder- piston group , such as changing the diameter of the piston and its pace while maintaining the volume liter diesel.

The calculations were performed using computer codes "Diesel -RK." As the object of the research is the diesel engine JMZ -238.

Analysis of the dependence of the rated power N_e ratio of the diameter of the piston to move its diesel engine JMZ-238 shows that the reduction of stroke can improve the nominal capacity of diesel. Increasing the ratio of the diameter of the piston to its pace of 0,73 to 1,16 rated power output increased from 159,7 kW to 169,0 kW (5,8 %).

The character of the maximum torque of the ratio of the diameter of the piston to its gait similar dependence of rated power , an increase of 837,7 Mg Nm to 886,3 Nm (5,8 %).

Increasing the diameter of the piston improves mixture formation and combustion of the fuel mixture during the work pace , resulting in improved fuel efficiency of diesel. Increasing the ratio of the diameter of the piston to its pace of 0,73 to 1,16 effective specific fuel consumption decreases with 242,87 gr/(kWh) to 232,52 gr/(kWh) (at 4,45 %).

Increasing the ratio of the diameter of the piston to its pace of 0.73 to 0.93 are increasing the concentration of nitric oxide - 1235,1 mln^{-1} до 1574,5 mln^{-1} (27,5 %), a further increase in the ratio of the diameter of the piston to its pace of 0,93 to 1,16 leads to a decrease in the concentration of nitric oxide to the original value 1235,1 mln^{-1} .

Improving the process of mixing and combustion of the fuel mixture when increasing the ratio of the diameter of the piston to its gait from 0,73 to 1,16 leads to a reduction in emissions of particulate matter from 0,1708 gr/(kWh) 0,1045 gr/(kWh) that almost 63,5 %.

It is thus possible to conclude that increasing the ratio of the diameter of the piston to its gait preserving liter diesel engine performance may improve the technical, economic and environmental performance of diesel, but increase its overall size and weight , respectively.

Ключові слова: техніко-економічні показники, екологічні показники, дизель, циліндро-поршнева група.

Своєчасність доставки вантажів і пасажирів, безпеку руху, економічні показники використання транспорту визначаються багатьма факторами, в т.ч. організаційно-управлінськими, технологічними, технічними. Серед останніх важливе значення мають різні аспекти отримання, перетворення, використання енергії об'єктами транспорту. Організація і управління виробничо-технічними процесами, які забезпечують безпеку, своєчасність, економічність доставки вантажів і пасажирів на практиці здійснюється інженерно-технічними працівниками, в тому числі інженерами, що забезпечують ефективну технічну експлуатацію рухомого складу.

Удосконалення двигунів відбувається відповідно вимог, які до них пред'являються. Підвищення показників потужності та економічності при одночасному зменшенні габаритів та ваги досягається збільшенням числа обертів колінчастого валу, переходом на двотактний режим роботи та використання наддуву, але ці заходи вимагають глибокої модернізації двигуна, тривалого часу та витрати значних коштів.

Значного ефекту для підвищення техніко-економічних та екологічних показників дизеля можливо досягнути зміною конструктивних параметрів циліндро-поршневої групи, а саме зміни діаметра поршня та його ходу при збереженні літрового об'єму дизеля.

Відношення ходу поршня до діаметру циліндра є одним з основних параметрів, що визначають габаритні розміри і масу двигуна. Цей параметр пов'язаний безпосередньо зі швидкістю поршня і потужністю двигуна. В даний час у значній частки автомобільних двигунів відношення $S/D=0,75\dots 1,0$.

Розглянемо переваги і недоліки двигунів з різними відносинами S/D , але з однаковим числом обертів колінчастого вала. З ростом відносини S/D збільшується висота двигуна і його маса. При цьому жорсткість колінчастого вала зменшується, внаслідок чого створюються більш сприятливі умови для виникнення резонансу крутильних коливань. При збільшенні відношення S/D зростає хід поршня S , а отже, і середня швидкість поршня, що обумовлює підвищення інерційного навантаження на деталі, погіршення наповнення циліндрів і велику роботу тертя, тобто меншу зносостійкість деталей двигуна.

До переваг короткохідних двигунів слід віднести наступне:

- збільшення числа обертів при форсованні двигуна без підвищення середньої швидкості поршня;
- підвищення терміну служби деталей поршневої групи при роботі з помірними середніми швидкостями поршня (для двигунів легкових автомобілів $v_n=10,0\dots 16,0$ м/сек, а для двигунів вантажних автомобілів $v_n=7,0\dots 13,0$ м/с);
- збільшення перекриття шатунних і корінних шийок, що підвищує міцність і жорсткість колінчастого вала;
- підвищення коефіцієнта наповнення циліндрів двигуна завдяки меншим швидкостям впуску, прямо пропорційним швидкості поршня;
- зменшення габаритних розмірів двигуна в напрямі осі циліндрів;
- зниження теплових втрат в охолоджуюче середовище.

Однак із зменшенням відносини S/D збільшується довжина двигуна і його маса. При цьому ускладнюється проходження противаг колінчастого вала під кромкою поршня при його положенні в НМК.

Малі відносини S/D доцільно застосовувати в Х-подібних двигунах, так як при цьому зменшується їх довжина і ширина, особливо при великому куті між осями циліндрів. З цієї ж причини двигуни з протилежними циліндрами також доцільно робити короткохідними.

У сучасних автомобільних двигунах відношення S/D змінюється в межах $0,75-1,2$, причому високооборотні двигуни і двигуни, що працюють з великим навантаженням, повинні мати відношення S/D , близьке до нижчої межі.

Відношення λ радіусу кривошипа до довжини шатуна R/L вибирають на підставі таких міркувань.

Малі значення λ , використовують для зменшення тиску поршня на стінку циліндра, а також для зменшення другій і більш високих гармонік сил інерції поступально рухомих мас, що має велике значення для врівноваження двигуна. Однак малим значенням відповідає велика довжина шатуна L , а отже, великі габаритні розміри і маса двигуна. З метою зменшення габаритних розмірів і маси двигуна вибирають великі значення λ .

Для сучасних швидкохідних автомобільних двигунах застосовують довші шатуни, ніж у тихохідних, тобто $\lambda = 1/3,0\dots 1/3,8$. При конструюванні двигунів необхідно враховувати, що стрижні шатунів при максимальному відхиленні їх від осі циліндрів і нижні головки шатунів в положенні, близькому до ВМК, не повинні зачіпати за виступаючі в картер стінки циліндрів. Тому збільшуючи довжину шатунів, якщо це допускає конструкція, роблять вирізи в блоці циліндрів.

Основним завданням дослідження було визначення залежностей потужності двигуна, максимального обертального моменту, питомої витрати палива, викидів окислів азоту та сажі від відношення діаметра поршня до його ходу.

Основним обмеженням було збереження літрових показників двигуна, тобто при зменшенні діаметра поршня на відповідну величину збільшується його хід.

Необхідно відмітити, що при збільшенні ходу поршня змінюються показники робочого процесу, в першу чергу сумішоутворення та згорання паливної суміші при русі поршня від ВМК до НМК.

Розрахунки виконувались за допомогою розрахункової програми «Дизель-РК». В якості об'єкта дослідження обрано дизельний двигун ЯМЗ-238.

Результати розрахунків наведені в табл. 1.

За отриманими розрахунковими результатами побудовані графічні залежності номінальної потужності N_e , максимального крутного моменту M_e , питомої витрати палива g_e , викидів оксиду азоту NO_x та емісії твердих часток від відношення діаметру поршня до його ходу (рис. 1-5).

Таблиця 1 Результати розрахункового дослідження визначення впливу на показники дизеля ЯМЗ-238 зміни конструктивних параметрів деталей циліндро-поршневої групи

$V_a - \text{const}$	N_e , кВт	M_e , Н*м	g_e , кг/(кВт*год)	NO_x , 1/млн	РМ емісія твердих часток, г/(кВт*год)
d=120; S=164,3	159,7	837,7	0,24287	1235,1	0,17080
d=125; S=150,0	162,5	852,5	0,23675	1569,6	0,11134
d=130; S=140,0	165,8	869,5	0,23446	1574,5	0,10605
d=135; S=130,0	167,7	879,8	0,23230	1573,5	0,10455
d=140; S=120,7	169,0	886,3	0,23052	1567,9	0,10450

За отриманими розрахунковими результатами побудовані графічні залежності номінальної потужності N_e , максимального крутного моменту M_e , питомої витрати палива g_e , викидів оксиду азоту NO_x та емісії твердих часток від відношення діаметру поршня до його ходу (рис. 1-5).

Аналіз залежності номінальної потужності N_e від відношення діаметру поршня до його ходу дизельного двигуна ЯМЗ-238 показує, що зменшення ходу поршня дозволяє підвищити номінальну потужність дизеля.

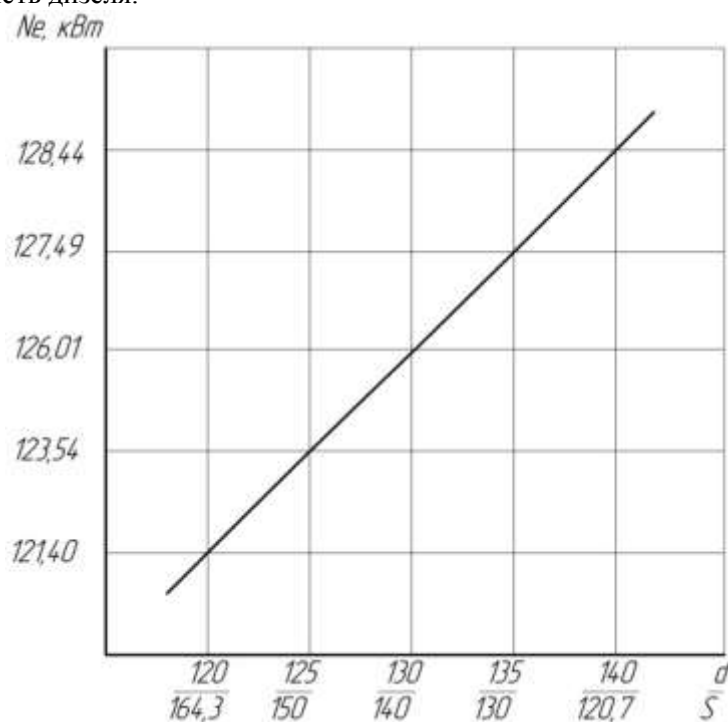


Рисунок 1 - Залежність номінальної потужності N_e від відношення діаметру поршня до його ходу дизельного двигуна ЯМЗ-238

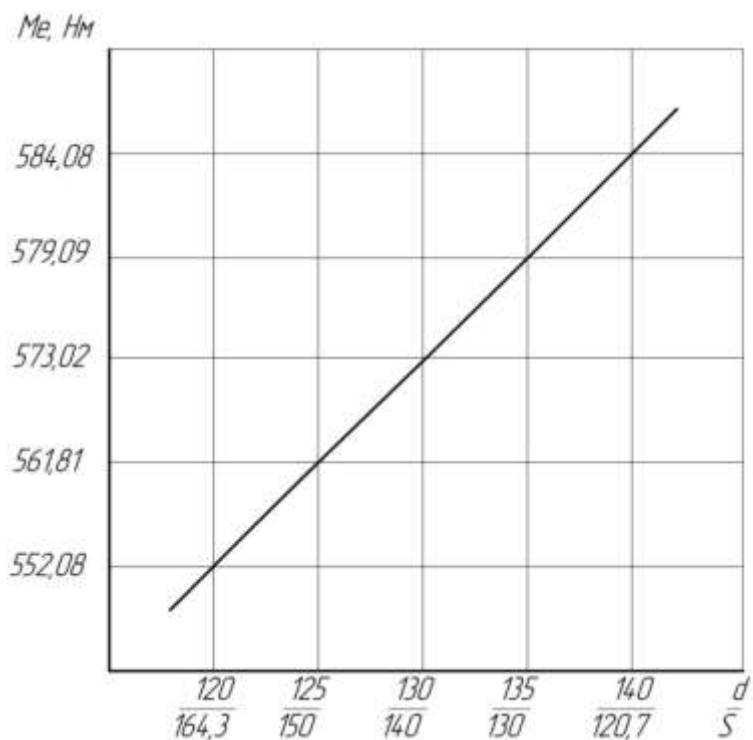


Рисунок 2 - Залежність максимального крутного моменту M_e від відношення діаметру поршня до його ходу дизельного двигуна ЯМЗ-238
де, кг/(кВт·год)

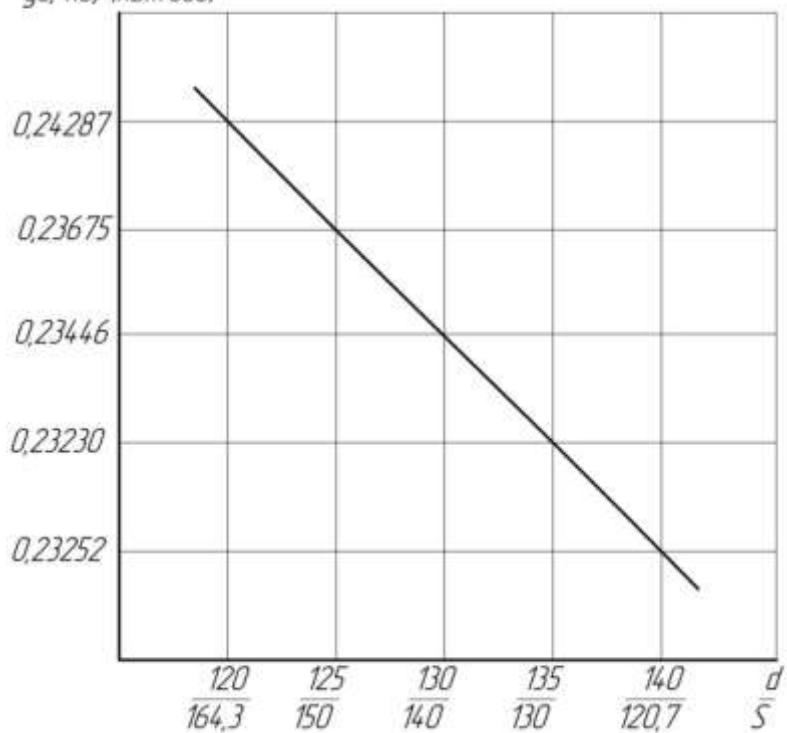


Рисунок 3 - Залежність питомої витрати палива g_e від відношення діаметру поршня до його ходу дизельного двигуна ЯМЗ-238

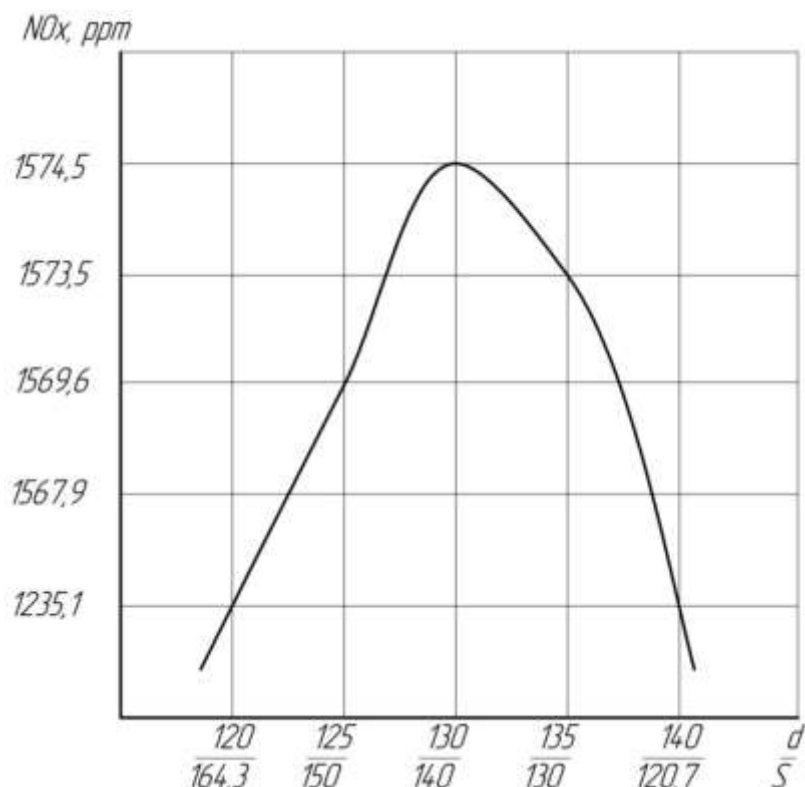


Рисунок 4 - Залежність викидів оксиду азоту NO_x від відношення діаметру поршня до його ходу дизельного двигуна ЯМЗ-238

Але необхідно відмітити, що зменшення ходу поршня при збереженні літрового об'єму вимагає збільшувати діаметр поршня. Це призводить до збільшення габаритних розмірів двигуна, відповідно збільшується його маса, також збільшується об'єм підмоторного простору і, відповідно, маса автомобіля, зменшуючи тим самим вантажопідйомність транспортного засобу.

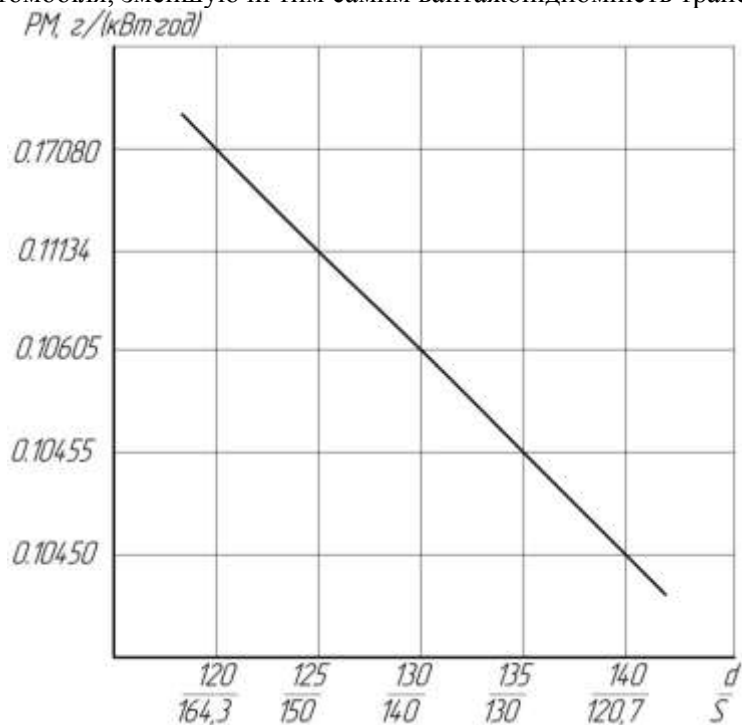


Рисунок 5 - Залежність емісії твердих часток від відношення діаметру поршня до його ходу дизельного двигуна ЯМЗ-238

Збільшуючи відношення діаметра поршня до його ходу з 0,73 до 1,16 номінальна потужність двигуна збільшується з 159,7 кВт до 169,0 кВт (на 5,8%).

Характер залежності максимального крутного моменту від відношення діаметра поршня до його ходу аналогічне залежності номінальної потужності, при цьому збільшення відношення діаметра поршня до його ходу призводить до збільшення максимального крутного моменту з 837,7 Н*м до 886,3 Н*м (на 5,8%).

Збільшення діаметра поршня покращує процес сумішоутворення та згорання паливної суміші під час робочого ходу, що призводить до покращення паливної економічності дизеля. Збільшуючи відношення діаметра поршня до його ходу з 0,73 до 1,16 питома ефективна витрата палива зменшується з 242,87 г/(кВт*год) до 232,52 г/(кВт*год) (на 4,45%).

Збільшуючи хід поршня при збереженні літрового об'єму двигуна відповідно зменшують хід поршня тому збільшується швидкість його руху при відповідних частотах оберту колінчастого валу, відповідно збільшується роль насосного ходу поршня і коефіцієнт надлишку повітря. Як відмічалось раніше накопичення NO_x відбувається при високих температурах робочого циклу і достатній кількості кисню, збільшуючись з підвищенням його температури, і досягає свого максимуму при $\alpha = 1,05$, максимальна концентрація NO_x в відпрацьованих газах дизельних двигунів відповідає найбільш економічним режимам роботи.

Збільшуючи відношення діаметра поршня до його ходу з 0,73 до 0,93 маємо збільшення концентрації оксиду азоту з 1235,1 млн⁻¹ до 1574,5 млн⁻¹ (на 27,5%) подальше збільшення відношення діаметра поршня до його ходу з 0,93 до 1,16 призводить до зменшення концентрації оксиду азоту до початкового значення 1235,1 млн⁻¹.

Покращення процесу сумішоутворення та згорання паливної суміші при збільшенні відношення діаметра поршня до його ходу з 0,73 до 1,16 призводить до зменшення емісії твердих часток з 0,1708 г/(кВт*год) 0,1045 г/(кВт*год) тобто майже на 63,5%.

Таким чином, можливо зробити висновок, що при збільшенні відношення діаметра поршня до його ходу зі збереженням літрових показників дизеля можливо покращення техніко-економічних та екологічних показників дизеля, але при цьому збільшуються його габаритні розміри і відповідно вага. Тому при конструюванні дизеля необхідно виходити з компромісу необхідні значення техніко-економічних та екологічних показників при відповідних масово-габаритних показниках двигуна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Беднарский В.В. Экологическая безопасность при эксплуатации и ремонте автомобилей. / В.В. Беднарский. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. – 290 с.
2. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. Учебное пособие для ВТУЗов / А.И. Колчин, В.П. Демидов. - М.: Высшая школа, 2003. - 383 с.
3. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей / А.Р. Кульчицкий - М: Академический проект, 2004 - 325 с.
4. Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Учебник. В 3 кн. Кн.2: Динамика и конструирование / В.Н. Луканин, И.В. Алексеев, М.Г. Шатров. - М: Высшая школа, 1995. - 319 с.
5. Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Учебник. В 3 кн. Кн.1: Теория рабочих процессов / В.Н. Луканин, К.А. Морозов, А.С. Хачиян. - М.: Высшая школа, 1995. - 368 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