

УДК 624.43:629.443

## ВПЛИВ ЗМІНИ СТУПЕНЯ СТИСНЕННЯ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДИЗЕЛЯ

Поляков А.П., Маріянюк Б.С., Квасневський С.О.

### INFLUENCE OF CHANGE OF COMPRESSION DEGREE ON TECHNICAL-ECONOMIC INDEXES OF DIESEL ENGINE

Polyakov A., Maryanko B., Kvasnevsky S.

*Встановлено залежність ступеня стиснення двигуна і його потужності. Розглянуто варіанти збільшення ступеня стиснення дизельного двигуна. Оцінено вплив зміни ступеня стиснення двигуна на техніко-економічні показники дизеля на підставі розрахунку зовнішніх швидкісних характеристик дизеля ЯМЗ-236 при значеннях ступеня стиснення 14,5, 16,5 та 18,5. При кожному значенні ступеня стиснення розраховувались потужність двигуна, ефективний обертальний момент, питома витрата палива та годинна витрата палива.*

**Ключові слова:** ступінь стиснення двигуна, техніко-економічні показники двигуна, міцність двигуна, ресурс двигуна.

**Постановка проблеми.** Ступінь стиснення безпосередньо впливає на ефективність згорання палива. Чим вище ступінь стиснення, тим меншою кількістю палива буде досягнута та ж потужність. У дизельних двигунах зазвичай використовуються значення ступенів стиснення від 18:1 до 22:1, чим пояснюється їхня висока ефективність роботи в порівнянні з бензиновими двигунами. Повній реалізації цих переваг сприяє відсутність дросельної заслінки на дизелях. Проте збільшення ступеня стиснення не завжди приводить до збільшення потужності. Якщо ступінь стиснення знаходиться біля межі детонації для даного виду палива, то подальше збільшення ступеня стиснення буде погіршувати потужність і надійність двигуна [1-4].

Іншими словами, він всмоктує якомога більше повітря, практично так само, як і бензиновий двигун при широко відкритій дросельній заслінці. Замість обмеження кількості повітря, що надходить у двигун, за допомогою дросельної заслінки потужність двигуна регулюється за допомогою зміни кількості палива, що впорскується в циліндр.

Це означає, що навіть при низьких рівнях потужності (коли в камеру згорання впорскується ду-

же мала кількість палива), дизельний двигун стискає повітря в циліндрі дуже сильно; при цьому виділяється стільки тепла, що його досить для займання навіть дуже збідненої суміші.

**Мета.** Метою роботи є визначення впливу на техніко-економічні показники дизеля ступеня стиснення робочої суміші в камері згорання та можливість підвищення техніко-економічних показників дизеля зі змінним ступенем стиснення завдяки регулюванню подачі палива.

**Результати досліджень.** Відомо, що високий ступінь стиснення збільшує потужність. Потужність при повному відкритті дросельної заслінки теоретично поліпшується при збільшенні ступеня стиснення. Приведені дані припускають, що збільшення ступеня стиснення не створює проблем в інших областях, таких як детонація, тощо

Можливо відмітити, що закон зменшення веде до досить простого висновку: коли ступінь стиснення йде вгору, то при кожному збільшенні приріст потужності буде все менший. Наприклад, збільшення компресії від 8,0:1 до 9,0:1 приводить до збільшення потужності, ніж збільшення стиснення з 11,0:1 до 12,0:1 (2% зростання потужності проти 1,3%).

Вказані значення є типовими для двигунів, що використовують розподільні вали з відносно коротким періодом впуску, подібні до валів в багатьох форсованих двигунах. Коли тривалість такту впуску збільшується (шляхом установки розподільного вала з тривалішим періодом впуску), приріст потужності від збільшення ступеня стиснення стає навіть більшим.

Це відбувається тому, що дані базуються на механічних ступенях стиснення (тобто визначених шляхом математичних розрахунків з фіксованого об'єму), а не на динамічних ступенях стиснення, які

продовжують збільшуватися, коли ефективність впуску збільшується.

Коли система впуску модифікується для поліпшення наповнення, то динамічний ступінь стиснення збільшується дуже подібним чином, як і при збільшенні розміру поршня, оскільки в циліндр надходить додаткова кількість повітря і палива.

Ефективність впуску може продовжувати збільшуватися навіть до точки наповнювання циліндра (об'ємна ефективність вище 100%), як це передбачається деякими комбінаціями впускного і випускного колекторів. Максимальний тиск усередині камери згорання перед займанням змінюється, коли змінюється щільність суміші, що подається. Коли система впуску працює з низькою ефективністю, тобто коли дросельні заслінки закриті або впускна система забита, то циліндр наповнюється лише частково і динамічний тиск стиснення низький.

Коли система впуску працює з високою об'ємною ефективністю (значення більше 100% досягається на багатьох двигунах, які використовуються на гоночних автомобілях), динамічний ступінь стиснення може створювати тиск, який перевищує тиск, очікуваний від механічного (розрахованого) ступеня стиснення.

У таких випадках збільшення механічного ступеня стиснення може ввести двигун в режим детонації і зменшити потужність і надійність двигуна. Збільшення ступеня стиснення не завжди приводить до збільшення потужності. Якщо статичний (підрахований) ступінь стиснення вже знаходиться біля межі детонації для використовуваного палива, то подальше збільшення статичного ступеня стиснення може погіршити потужність і надійність двигуна.

Як раніше згадувалося, це особливо справедливо, коли спеціальний розподільний вал і системи впуску і випуску досягають об'ємної ефективності величиною більше 100%. Коли ( $V_e$ ) збільшується, то динамічний ступінь стиснення також збільшується, оскільки циліндр наповнюється сумішшю так, наче працював невидимий нагнітач.

Інший ефект від збільшення ступеня стиснення досить незначний і невідомий деяким творцям двигунів. Коли  $V_e$  перевищує 100%, суміш, що надійшла, знаходиться під невеликим позитивним тиском, проте вона може заповнити тільки простір в циліндрі плюс простір в камері згорання.

Наприклад, якщо об'єм циліндра і камери становить разом  $416,2 \text{ см}^3$ , то це фіксований простір в основному визначатиме, скільки паливоповітряної суміші може потрапити в циліндр.

Якщо вирішується збільшити ступінь стиснення шляхом зменшення об'єму камери згорання або шляхом збільшення розміру опуклості поршня (це найбільш поширені методи), то цей простір буде не більше названої величини. Так, циліндр зберігає постійний робочий об'єм – робочий об'єм двигуна не

змінювався. Але змінили загальний об'єм циліндра і камери згорання.

Це означає, що простір для робочої суміші, що надходить, зменшується. Таким чином, при збільшенні ступеня стиснення майже непомітно зменшили об'ємну ефективність двигуна.

Багато хто може тепер реалізувати важливі переваги, отримуючи максимально можливу  $V_e$  (об'ємну ефективність). Чим вище  $V_e$ , яку можна отримати, тим нижче буде необхідний ступінь стиснення; а чим нижче ступінь стиснення, тим менше виступ поршня, тим легше фронту полум'я розповсюджуватися в об'ємі камери згорання.

Оцінка впливу зміни ступеня стиснення двигуна на техніко-економічні показники дизеля здійснювалась на підставі розрахунку зовнішніх швидкісних характеристик дизеля ЯМЗ-236 при значеннях ступеня стиснення 14,5, 16,5 та 18,5. При кожному значенні ступеня стиснення розраховувались потужність двигуна  $N_e$ , ефективний обертальний момент  $M_e$ , питома витрата палива  $g_e$  та годинна витрата палива  $G_m$  за зовнішньою швидкісною характеристикою при зміні частоти обертання колінчастого вала дизеля  $n_o$  від 800 до  $2100 \text{ хв}^{-1}$ .

Результати розрахунків наведено на рис. 1 та 2.

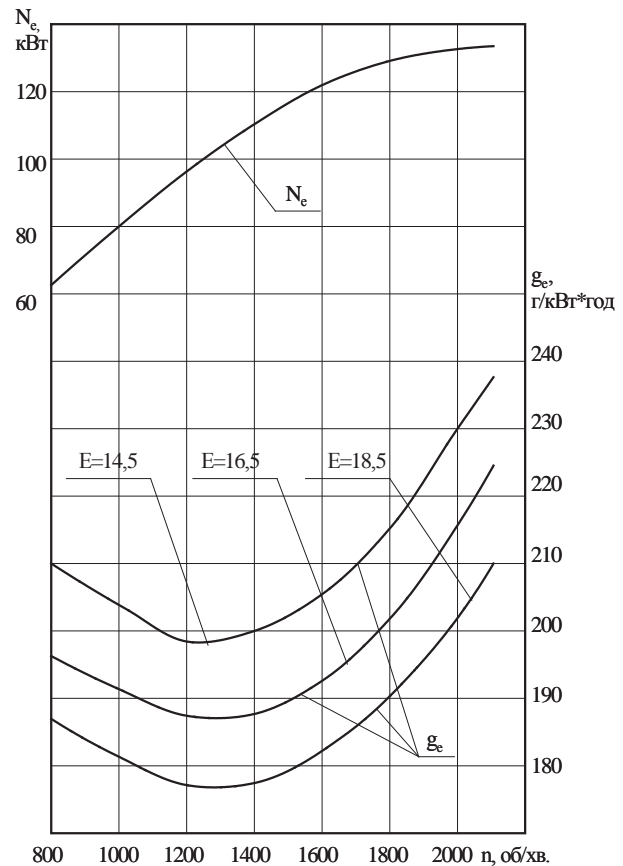


Рис. 1. Залежність потужності двигуна  $N_e$  та питомої ефективної витрати палива  $g_e$  від ступеня стиснення

На рис. 1 наведено зміну потужності дизеля  $N_e$  та питомої ефективної витрати палива  $g_e$  в залежності від частоти обертання колінчастого вала  $n_d$  при різних значеннях ступеня стиснення. З графіка видно, що збільшення ступеня стиснення з 14,5 до 18,5 одиниці практично не впливає на потужність двигуна. Максимальна різниця становить 2 кВт, а це 1,4%.

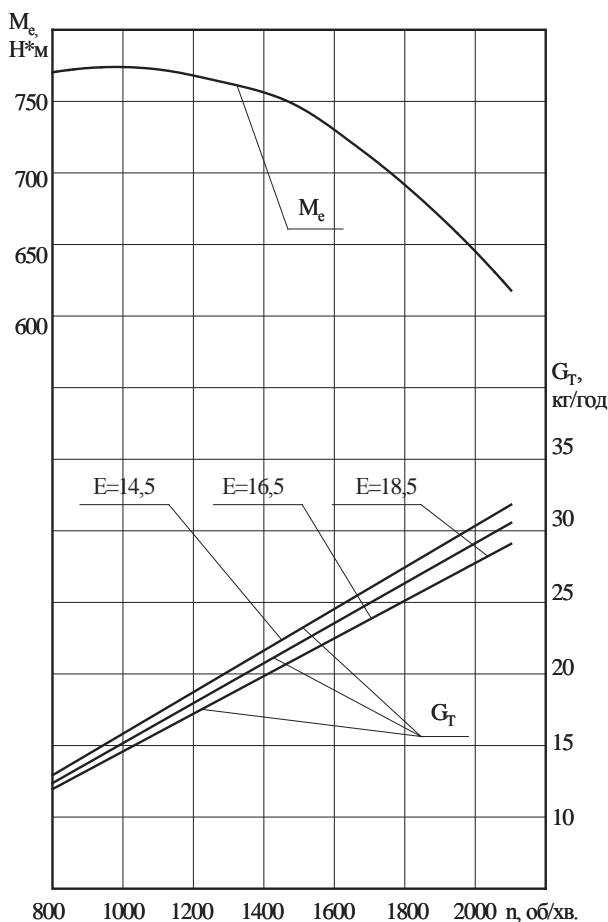


Рис. 2. Залежність ефективного обертального моменту двигуна  $M_e$  та годинної витрати палива  $G_m$  від ступеня стиснення

Більш значний вплив зміна ступеня стиснення здійснює на питому ефективну витрату палива. При зменшенні ступеня стиснення до 14,5 збільшення питомої ефективної витрати палива у порівнянні з величиною питомої ефективної витрати палива базового двигуна ЯМЗ-236 зі ступенем стиснення 16,5 становить 12,5 г/кВт\*год (на 5,6...6,7% на всьому швидкісному діапазоні). З графіка видно, що при зменшенні ступеня стиснення погіршуються економічні показники дизеля, при тому що показники потужності не змінюються.

Збільшення ступеня стиснення до 18,5 одиниці приводить до зменшення питомої ефективної витрати палива у порівнянні з питомою витратою палива базового двигуна ЯМЗ-236 зі ступенем стиснення 16,5 на 12,8 г/кВт\*год на всьому швидкісному діапазоні (на 5,9...7,1%). Необхідно відмітити, що пок-

ращення паливної економічності двигуна не впливає на його технічні показники.

На рис. 2 наведено зміну ефективного обертального моменту дизеля  $M_e$  та годинна витрата палива  $G_m$  в залежності від частоти обертання колінчастого вала  $n_d$  при різних значеннях ступеня стиснення. З графіка видно, що збільшення ступеня стиснення з 14,5 до 18,5 одиниці практично не впливає на потужність двигуна. У відсотковому відношенні різниця становить менше 0,5%.

Більш значний вплив зміна ступеня стиснення здійснює на годинну витрату палива. При зменшенні ступеня стиснення до 14,5 збільшення годинної витрати палива у порівнянні з годинною витратою палива базового двигуна ЯМЗ-236 зі ступенем стиснення 16,5 становить 0,9 кг/год при частоті обертання колінчастого вала двигуна  $800 \text{ хв}^{-1}$  (на 6,8%), при збільшенні частоти обертання колінчастого вала до  $2100 \text{ хв}^{-1}$  різниця становить 2,4 кг/год (на 7,7%). З графіка видно, що при зменшенні ступеня стиснення погіршуються економічні показники дизеля, при тому, що значення ефективного обертального моменту співпадають з базовими на всьому швидкісному діапазоні.

Збільшення ступеня стиснення до 18,5 одиниці веде до зменшення годинної витрати палива у порівнянні з годинною витратою палива базового двигуна ЯМЗ-236 зі ступенем стиснення 16,5 на 1,2 кг/год (на 9,6%) при частоті обертання колінчастого вала дизеля  $800 \text{ хв}^{-1}$ , при збільшенні частоти обертання різниця становить 3,1 кг/год (на 10,6%) при частоті обертання колінчастого вала двигуна  $2100 \text{ хв}^{-1}$ . Необхідно відмітити, що покращення паливної економічності двигуна не впливає на його технічні показники.

**Висновки.** Проведений розрахунок двигуна на міцність показав, що зміни потужності двигуна  $N_e$  максимально на 8,3% та ефективного обертального моменту  $M_e$  на 6,4% не вимагають зміни геометричних розмірів або конструкційних матеріалів основних елементів кривошипно-шатунного механізму, оскільки мається достатній запас міцності деталей.

При збільшенні технічних показників двигуна може змінитися ресурс двигуна, але це потребує додаткового дослідження.

### Література

1. Иванов В.Н. Экономия топлива на автомобильном транспорте / В.Н. Иванов, В.И. Ерохов. – М.: Транспорт, 1984. – 302 с.
2. Токарев А.А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля / А.А. Токарев. – М.: Машиностроение, 1982. – 224 с.
3. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н.Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1990. – 135 с.
4. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. – М.: Высшая школа, 1971. – 347 с.

### References

1. Ivanov V.N. Economy of fuel on the motor transport / V.N. Ivanov, V.I. Erohov. – М.: Transport, 1984. – 302 p.
2. Tokarev A.A. Fuel economy and hauling-speed internals of car / A.A. Tokarev. – М.: Engineering, 1982. – 224 p.
3. Govorushtsenko N.Y. Economy of fuel and decline of foxiness on the motor transport / N.Y. Govorushtsenko. – М.: Transport, 1990. – 135 p.
4. Kolchin A.I. Calculation of motor-car and tractor engines / A.I. Kolchin. – М.: Higher school, 1971. – 347 p.

**Поляков А.П., Маріянюк Б.С., Квасневський С.О.**  
**Влияние изменения степени сжатия на технико-экономические показатели дизеля**

*Установлена зависимость степени сжатия двигателя и его мощности. Рассмотрены варианты увеличения степени сжатия дизельного двигателя. Оценено влияние изменения степени сжатия двигателя на технико-экономические показатели дизеля на основании расчета внешних скоростных характеристик дизеля ЯМЗ-236 при значениях степени сжатия 14,5, 16,5 и 18,5. При каждом значении степени сжатия рассчитывалась мощность двигателя, эффективный вращательный момент, удельный расход топлива и часовой расход топлива.*

**Ключевые слова:** степень сжатия двигателя, технико-экономические показатели двигателя, мощность двигателя, ресурс двигателя.

**Polyakov A., Maryanko B., Kvasnevsky S.**  
**Influence of change of compression degree on technical-economic indexes of diesel engine**

*Dependence of engine compression degree and its power are set. Variants of increase of diesel engine compression degree are considered. Influence of change of engine compression degree is appraised on the technical-economic indexes of diesel engine, on the basis of calculation of external speed descriptions of diesel of YMZ-236 at the values of degree of compression 14,5, 16,5 and 18,5. At every value of degree compressions settled accounts engine power, effective rotatory moment, specific expense of fuel and sentinel expense of fuel by external speed recommendation at the change of frequency of rotation of diesel knee shaft.*

**Keywords:** compression degree of engine, engine technical-economic indexes, engine durability, engine resource.

**Поляков А.П.** – д.т.н., професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, заступник директора з наукової роботи інституту машинобудування та транспорту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: farv@inmt.vntu.edu.ua.

**Маріянюк Б.С.** – студент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: atm-vntu@ukr.net.

**Квасневський С.О.** – студент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: atm-vntu@ukr.net.

Рецензент: Куліков Ю.А., д.т.н., проф.

Стаття подана 01.04.2013