

Вплив завантаження дизельного двигуна на паливну економічність трактора

Досліджено використання потужності дизельного двигуна під час виконання трактором сільськогосподарських операцій, зміну коефіцієнта завантаження і вплив завантаження на паливну економічність двигуна. Представлені існуючі та можливі способи підвищення коефіцієнта завантаження і теоретично обгрунтовано один з найперспективніших способів підвищення рівня завантаження при постійній частоті обертання колінчастого вала двигуна.

дизельний двигун, потужність, завантаження, паливна економічність, частота обертання колінчастого вала

Як показує практика експлуатації, дизельні двигуни продовжують залишатися основними джерелами механічної енергії, що працюють в різних кліматичних зонах не лише нашої країни але й за кордоном. Тривалий час експлуатація дизельних двигунів здійснюється на неусталених режимах, які характеризуються перехідними процесами пуску, зміни навантаження і частоти обертання колінчастого вала. В умовах експлуатації на усталених і неусталених режимах ефективність роботи дизельних двигунів визначається показниками потужності і паливної економічності, яка зменшується на неусталених режимах.

Для підвищення ефективності роботи машинно-тракторного парку необхідно прагнути до того, щоб середнє експлуатаційне завантаження автотракторного дизельного двигуна було по можливості вище, при цьому питома витрата палива наближається до мінімального значення.

Досліди показують, що продуктивність машинно-тракторного агрегату в значній мірі залежить від характеру зміни навантаження і протікання характеристики двигуна [1].

Вирішальний вплив на продуктивність W_T і паливну економічність Q_T тракторів робить потужність двигуна N_e , питома витрата пального g_e і коректорний коефіцієнт запасу крутного моменту K_3 (або коефіцієнт пристосованості K_m) [1, 2].

Дослідження проведені провідними вченими Долгановим К. Є., Гутаревичем Ю. Ф., Головчуком А. Ф., Каньковським І. Є., Водяником І. І., Миронюком С. К. [2, 3, 4] та іншими показують значне підвищення експлуатаційної витрати палива при роботі дизельного двигуна на неповному завантаженні. Дослідження академіка Болтінського В. М. [5] показали, що використання потужності дизельного двигуна трактора при виконанні різних сільськогосподарських робіт складає приблизно 60 — 95%, причому ця величина має тенденцію до пониження. Так, за даними НАПІ, середнє експлуатаційне завантаження двигунів енергонасичених тракторів не перевищує, як правило, 50%, а найбільша частка енерговитрат припадає на транспортні та інші малоенергоємні роботи (табл. 1) [2, 6].

З аналізу даних таблиці 1 видно, що найбільша частка робіт припадає на транспортні роботи. Це також підтверджено іншими дослідженнями, причому встановлено, що частка використання тракторів на транспортних роботах невинно

зростає і на даний час на внутрішньогосподарські перевезення припадає від 60% до 75% [4].

Таблиця 1 - Залежність витрат пального від середніх завантажень двигунів енергонасичених тракторів при виконанні сільськогосподарських операцій

Операція	Середньорічне завантаження двигуна, %	Частка пального на операцію у річній витраті, %
Снігозатримання	35/60	0.3/1.25
Лущення	0/53	0/0.65
Дискування	0/57	0/1
Оранка	73/60	0.88/27.8
Культивація	70/57	2.45/8.35
Боронування	60/52	10.7/12.45
Обприскування	37/42	0.47/0.15
Сівба зернових	40/46	3.6/2.75
Прикочування	40/60	0.3/2.75
Внесення мінеральних добрив	42/53	1.2/0.12
Косіння трав	31/23	2.39/0.9
Збирання і складання силосної маси	35/45	2.25/1.27
Транспортні роботи	35	49.2/13.6
Інші роботи	32/39	4.7/7.32

Примітка. У чисельнику - для колісних тракторів класу 1.4, у знаменнику - для гусеничних тракторів класу 3.

При такому завантаженні питома витрата дизельного палива двигуном значно вища, ніж при номінальному завантаженні. Крім того переважна більшість технологічних операцій сільськогосподарського виробництва виконуються машинно-тракторними агрегатами в умовах неповних і перемінних навантажень, що обумовлює коливання величини відбору потужності з боку споживачів і створює постійний дисбаланс з тією потужністю, яку розвиває двигун. Все це призводить до безперервних коливань частоти обертання колінчастого вала двигуна, пониження його середньої експлуатаційної потужності на 20...30% і на 20-25% збільшує перевитрату палива, а також погіршує якість виконання технологічних процесів машинами і агрегатами, які приводяться в дію від вала відбору потужності [7].

В зв'язку з вище викладеним, виникає необхідність пошуку шляхів підвищення завантаженості дизельного двигуна при виконанні тракторами сільськогосподарських операцій задля підвищення паливної економічності.

Метою даної статті є дослідження впливу завантаження дизельного двигуна при виконанні трактором різних сільськогосподарських операцій у складі з тягово-приводними агрегатами на паливну економічність і представити перспективні способи підвищення коефіцієнта завантаження двигуна.

Професор Водяник І. І. запропонував формулу, що характеризує залежність питомої витрати палива від рівня завантаження дизельного двигуна [8].

$$g_e = \left(1 + \alpha_G \frac{1 - \xi_{Ne}}{\xi_{Ne}} \right) g_{en}, \quad (1)$$

де g_e — питома витрата палива, г/(кВт год);

g_{en} — номінальна питома витрата палива, г/(кВт год);

α_G — емпіричний коефіцієнт, відношення годинної витрати палива двигуном на холостому ході до годинної витрати палива при максимальній потужності. Згідно експериментальних даних $\alpha_G = 0,25-0,30$;

ξ_{Ne} — коефіцієнт експлуатаційного завантаження двигуна на робочому режимі.

Коефіцієнт експлуатаційного завантаження дизельного двигуна на робочому режимі визначається за формулою [9].

$$\xi_{Ne} = \frac{N_k}{N_e}, \quad (2)$$

де, N_k - потужність двигуна, яка реалізується на виконання корисної роботи, кВт;

N_e - потужність, яку розвиває двигун при заданому режимі роботи, кВт.

Таким чином, підвищення коефіцієнта експлуатаційного завантаження дизельного двигуна під час виконання трактором сільськогосподарських операцій можливе при підвищенні потужності N_k або пониженні потужності N_e .

Потужність, яку розвиває двигун при заданому режимі роботи розраховується за формулою [8].

$$N_e = \frac{\alpha g_u V_h i n}{30 \tau}, \quad (3)$$

де g_u — циклова подача палива, г/цикл;

V_h — робочий об'єм циліндра, м³;

i — кількість циліндрів;

n — частота обертання колінчастого вала, хв⁻¹;

τ — коефіцієнт тактності (кількість ходів поршня за один цикл);

α - коефіцієнт пропорційності при цикловій подачі палива.

$$\alpha = \frac{Q_n \eta_i \eta_m}{10^3 V_h}, \quad (4)$$

де Q_n робоча теплопровідність дизельного палива, МДж/кг;

η_i , η_m - відповідно індикаторний і механічний коефіцієнт корисної дії.

Об'єднуючи постійні параметри через c , одержимо

$$N_e = c g_u i n. \quad (5)$$

Очевидно, максимальну потужність можна зменшити з метою підвищення завантаження дизельного двигуна шляхом зменшення циклової подачі палива, відключенням частини циліндрів (зменшенням i) і зниженням частоти обертання колінчастого вала.

Потужність двигуна, яка реалізується на виконання корисної роботи у складі тягово-приводних машин, має вигляд [8].

$$N_k = \frac{0,377 R b n r_k}{i_{mp} \eta_m} + N_{BVP}, \quad (6)$$

де R – питомий опір на одиницю ширини захвату сільськогосподарської машини, кН/м;

b – теоретична ширина захвату сільськогосподарської машини, м;

n – частота обертання колінчастого вала двигуна, хв⁻¹;

r_k – радіус ведучого колеса, м;

i_{mp} – передаточне число трансмісії на ввімкненій передачі;

η_m – тяговий коефіцієнт корисної дії, що враховує втрати потужності двигуна в трансмісії;

N_{BVP} – потужність, яка знімається з вала відбору потужності для приводу робочих органів сільськогосподарських машин, кВт.

Для збільшення потужності N_k , яка реалізується на корисну роботу, необхідно на стадії комплектування, шляхом збільшення питомого опору або ширини захвату сільськогосподарської машини забезпечити оптимальне завантаження дизельного двигуна, але не завжди цього можна добитися лише шляхом раціонального комплектування. Можна також зменшити передаточне числа трансмісії, тобто перейти на нижчу передачу, або збільшити частоту обертання колінчастого вала, але у цьому випадку можуть порушитися агротехнічні вимоги до виконання тієї чи іншої операції.

На більшості вітчизняних дизельних двигунах перехід на режим пониженої потужності здійснюється шляхом ручного переведення роботи двигуна на часткові швидкісні режими з пониженою частотою обертання колінчастого вала. Проте, на часткових швидкісних режимах збільшується степінь нерівномірності системи автоматичного регулювання частоти, що призводить до збільшення перевитрати палива і погіршення якості виконання технологічних процесів. Крім того, порівняння формул (3) і (6) показує, що регулювання потужності шляхом зміни частоти обертання колінчастого вала практично не впливає на коефіцієнт завантаження.

Тому просто необхідно задля підвищення коефіцієнта завантаженості дизельного тракторного двигуна застосувати метод зміни потужності при постійній частоті обертання колінчастого вала.

Серійна система автоматичного регулювання частоти обертання колінчастого вала з відцентровим всережимним регулятором і механізмом настройки швидкісного режиму забезпечує переміщенням рейки паливного насоса високого тиску, зміну циклової подачі палива, при якій формується регуляторна гілка швидкісної характеристики з перемінними крутним моментом і частотою обертання колінчастого вала. Для деформації регуляторної гілки при постійній частоті обертання і забезпечення максимальної ефективної потужності необхідна корекція циклової подачі палива на часткових режимах шляхом відповідного змінювання ходу рейки паливного насоса високого тиску. Тому зміну закону циклової подачі палива можна здійснити залученням додаткового коректуючого механізму з можливістю безступеневого змінювання передаточного відношення від відцентрового всережимного регулятора до рейки паливного насоса високого тиску [7]. На кафедрі тракторів, автомобілів та енергетичних засобів Подільського державного аграрно-технічного університету розроблено автоматичний коректуючий механізм, який дає можливість змінювати (зменшувати) ефективну потужність дизельного двигуна від 100% до 50% номінальної потужності двигуна, при цьому частота обертання колінчастого вала залишається

постійною, а питома витрата палива на рівні номінального значення, що призводить до значної економії дизельного палива, ціна на яке постійно зростає.

Таким чином, підвищувати завантаження дизельного двигуна за рахунок автоматичного корегуючого механізму з можливістю безступеневого змінювання передаточного відношення від всережимного відцентрового регулятора до рейки паливного насоса високого тиску, при постійній частоті обертання колінчастого вала призведе до підвищення паливної економічності, а також до зменшення шкідливих викидів разом з вихлопними газами.

Список літератури

1. Эксплуатация машинно-тракторного парка. Бондаренко Н.Г. - 2-е изд., доп. и перераб. - К.: Вища школа. Головное изд-во, 1984. - 232 с.
2. Водяник І.І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів. - К.: Урожай. 1994. - 224 с.
3. Долганов К.Е., Каньковский Н.Е., Романюк В.И., Головчук А.Ф. Однорежимно-всережимный регулятор частоты вращения для тракторного дизеля// Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1985. - №8. - С. 11-15.
4. Миронюк С.К. Использование транспорта в сельском хозяйстве. - М.: Колос, 1982. - 287 с.
5. Болтинский В.Н. Теория, конструкция и расчет тракторных и автомобильных двигателей. - М.: Издательство сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1962. - 391 с.
6. В.І. Дуганець, В.В. Майсус, О.В. Думанський. Підвищення завантаження дизельного двигуна за допомогою удосконаленого автоматичного регулятора. / Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. Вип. №15, 2007. - С. 504 - 506.
7. А.М. Божок, В.В. Майсус. Можливості і способи регулювання потужності дизеля машинно-тракторного агрегату. / Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. Вип. №15, 2007. - С. 489 - 493.
8. Водяник І.І. Шляхи збільшення завантаження двигунів з метою підвищення паливної економічності тракторів / Наукові праці Кам'янець-Подільського державного університету. Вип.. 3, том 1, 2004, - С. 218 - 220.
9. Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. - М.: Колос, 1984. - 335 с.

О. Думанский

Влияние загрузки дизельного двигателя на топливную экономичность трактора

Исследовано использования мощности дизельного двигателя во время выполнения трактором некоторых сельскохозяйственных операций, а также изменения коэффициента загрузки и влияние загрузки на топливную экономичность двигателя. Представлены существующие и возможные способы повышения коэффициента загрузки и теоретически обосновано один с самых перспективных способов повышения уровня загрузки при постоянной частоте вращения коленчатого вала двигателя.

O. Dumanskiy

Influence of load of diesel engine on the fuel economy of tractor

Is investigated uses of capacity of the diesel engine during performance by a tractor of some agricultural operations, and also change of factor of loading and influence of loading on fuel profitability of the engine. The existing and possible ways of increase of factor of loading are submitted and theoretically one is reasonable from perspective ways of increase of a level of loading at constant frequency of rotation of the shaft of the engine.

Одержано 18.09.09