

6. Топчеев Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования. – М.: Машиностроение, 1989. – 752 с.
7. Кожевников С.Н., Есипенко Я.И., Раскин Я.М. Механизмы. Справочник. Изд. 4-е, перераб. и доп. Под ред. С.Н. Кожевникова. – М.: Машиностроение, 1976. – 784 с.
8. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. – М.: Наука, Главная редакция физ.-мат. л-ры, 1981. – 720 с.

Аннотация. Представлено принципиальную схему и описано работа усовершенствованного гидропривода подъемного механизма самосвального кузова, а также результаты его исследования. Показана зависимость параметров передаточного процесса от коэффициента усиления и постоянной времени усовершенствованного гидропривода как интегро-дифференцирующей динамического звена.

Ключевые слова: самосвальный кузов, подъемный механизм, гидропривод, гидрролинии, переходный процесс, производная, фаза, коэффициент усиления, постоянная времени, апериодическое звено, усилительная звено, интегро-дифференцирующее звено.

Summary. The work represents an action chart and describes the operation of an improved hydraulic actuator of the dump body raise-and-lower mechanism, as well as test results. The following is demonstrated: dependence of transient process parameters on coefficient of amplification and time constant of the improved hydraulic actuator as an integro-differential dynamic element.

Key words: dump body, raise-and lower mechanism, hydraulic actuator, hydraulic circuit, transient process, derivative, phase, coefficient of amplification, time constant, lag element, strengthening element, integro-differential element.

УДК 621.436:62-531

*А.В. Рудь, кандидат технічних наук, професор,
О.В. Думанський, асистент ПДАТУ*

ОБГРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ

Обґрунтовано доцільність переведення роботи дизельного двигуна енергетичного засобу машинно-тракторного агрегату на часткові понижені швидкісні режими роботи за умови неможливості завантажити двигун шляхом комплектування з сільськогосподарськими машинами.

Ключові слова: машинно-тракторний агрегат, енергетичний засіб, дизельний двигун, всережимний регулятор, завантаження, економія.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Енергетичні засоби машинно-тракторних агрегатів обладнані дизельними двигунами з всережимним регулятором. Під час виконання переважної більшості сільськогосподарських операцій двигуни, як правило, завантажені не оптимально, а частіше вони недовантажені [1, 2, 3, 4].

Виконання багатьох сільськогосподарських робіт відбувається за умов обмеження швидкості руху машинно-тракторного агрегату (оранка, сівба), недостатнього тягового опору сільськогосподарської машини для оптимального завантаження агрегату (боронування, культивування та інше). Ці умови не дають можливості використовувати всю потужність тракторного двигуна, не дозволяють використовувати найбільш економічні режими його роботи [2, 3]. Для забезпечення поліпшення економічності роботи двигуна трактора і в цілому машинно-тракторного агрегату в таких умовах використовують часткові понижені режими роботи двигуна.

Основні експлуатаційні показники дизельних двигунів характеризуються ефективною потужністю, крутним моментом, частотою обертання колінчастого вала, годинною і питомою витратами палива, які пов'язані між собою [4].

Необхідність переходу на часткові режими роботи двигуна машинно-тракторного агрегату викликана з міркувань економії палива при неможливості повного завантаження його під час виконання певної сільськогосподарської операції.

Енергетична ефективність машинно-тракторного агрегату значною мірою залежить від рівня завантаження тракторного дизельного двигуна, яке для універсально-просапних тракторів класу 1,4 змінюється від 35% при виконанні транспортних операцій до 73% на ґрунтообробних роботах. Часткове використання потужності двигуна пов'язане з перевитратою палива на одиницю корисної роботи. Паливна економічність двигуна в таких випадках може бути покращена шляхом переходу на частковий швидкісний режим з пониженим значенням частоти обертання вала двигуна і збільшеним середнім ефективним тиском [5].

Одним з можливих шляхів вирішення проблеми підвищення продуктивності та зниження витрати палива машинно-тракторним агрегатом є розробка оптимальної ефективності та економічності при зовнішніх і часткових режимах роботи дизельного двигуна.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Пошукам шляхів зниження питомої витрати палива і оптимізації роботи машинно-тракторних агрегатів з точки зору паливної економічності у свій час присвятили багато уваги знані науковці. Серед них такі як Болтінський В.Н., Долганов К.Є., Головчук А.Ф., Гутаревич Ю.Ф., Ніколаєнко А.В., Водяник І.І. та інші [1, 4, 5, 6, 7, 8].

Дослідженнями встановлено, що найкращу паливну економічність дизельний двигун енергетичного засобу у складі машинно-тракторного агрегату показує тоді, коли його завантаженість становить 80-90% і носить рівномірний характер. Виходячи з цього, на польових роботах для вибору експлуатаційних режимів роботи дизеля запропоновано використовувати всережимний регулятор шляхом переходу на часткові режими зниження частоти обертання колінчастого вала і вибором оптимальної передачі, а на транспортних роботах і під час холостих переїздів застосовувати одно- або дворіжнимне регулювання шляхом переключення на цей режим універсального регулятора [6].

На малоенергоємних операціях в умовах недовантаження дизельного двигуна його доцільно переводити на часткові, понижені швидкісні режими роботи задля зменшення витрати палива.

Залежно від умов роботи машинно-тракторного агрегату, робочої швидкості і тягового опору можна теоретично розрахувати вигідне зниження частоти обертання колінчастого вала при мінімальній питомій витраті палива у випадку недовантаження дизельного двигуна трактора.

Сучасні дизельні двигуни сільськогосподарських тракторів обладнані всережимними регуляторами, які дозволяють практично безступінчасто змінювати швидкісний режим через частоту обертання колінчастого вала двигуна.

Однак питання обґрунтування режимів роботи дизельних двигунів енергетичних засобів сільськогосподарських машинно-тракторних агрегатів залишилося ще не повністю досліджене.

Метою статті є обґрунтування економічних режимів роботи дизельного двигуна енергетичного засобу машинно-тракторного агрегату під час виконання різних сільськогосподарських операцій.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів. При обґрунтуванні робочого режиму двигуна трактора, який залежить від величини сил опору сільськогосподарських машин і відповідних їм приведених моментів, необхідно встановити співвідношення між крутним моментом двигуна M_e і моментом сил опору M_c .

Для цього використовують умови безупинної роботи (двигун не зупиняється під навантаженням) [3]

$$M_{c.\max} \leq 0,97M_{e.\max} \quad (1)$$

і раціонального завантаження (оптимальний режим роботи двигуна)

$$M_{c.\max} \leq 1,05M_{e.\max} \quad (2)$$

З врахуванням коефіцієнта пристосованості за крутним моментом $K_M = \frac{M_{e.\max}}{M_{en}}$ і

можливих значень моменту опору (рис. 1.), що знаходяться в межах від $M_{c.\min}$ до $M_{c.\max}$ і розраховуються за формулами:

$$M_{c.\max} = M_{c.sp} \left(1 + \frac{\delta_M}{2} \right); \quad (3)$$

$$M_{c.min} = M_{c.sp} \left(1 - \frac{\delta_M}{2} \right), \quad (4)$$

де $M_{c.sp}$ – середнє значення моментів опору, Н/м;
 δ_M – степінь нерівномірності моменту опору,
 допустимий середній момент опору на валу дизельного двигуна за умови безупинної роботи становить

$$M_{c.sp} = \frac{0,97 M_{en} K_M}{1 + \frac{\delta_M}{2}}, \quad (5)$$

де K_M – коефіцієнт пристосованості двигуна за крутним моментом.

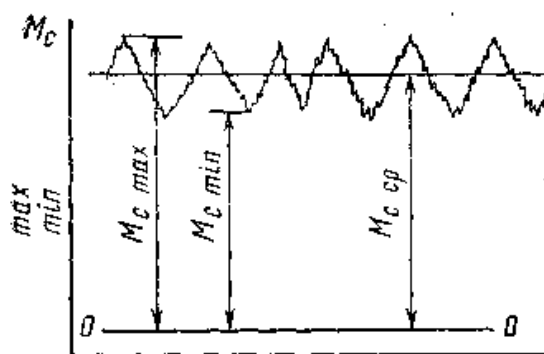


Рис. 1. Характер зміни опору двигуна машинно-тракторного агрегату.

За умови раціонального завантаження допустимий середній момент опору дизельного двигуна становитиме

$$M_{c.sp} = \frac{1,05 M_{en} K_M}{1 + \frac{\delta_M}{2}}. \quad (6)$$

Слід зазначити, що вибір середнього моменту опору за умови безупинної роботи двигуна веде до того, що двигун в більш ніж половині всіх можливих випадків працюватиме з перевантаженням, що спричиняє за собою зменшення частоти обертання колінчастого вала, а отже, і робочої швидкості машинно-тракторного агрегату. Тому для розрахунків експлуатаційних режимів роботи машинно-тракторних агрегатів максимального значення середнього моменту опору найчастіше досягається за умови раціонального завантаження двигуна.

Для аналізу роботи двигуна на зниженому швидкісному режимі на графік швидкісної характеристики у функції частоти обертання наносяться лінії (рис. 2), що показують зміну ефективної потужності, крутного моменту, тимчасової і питомої витрати палива при зниженому швидкісному режимі.



Рис. 2. Робота дизельного двигуна по швидкісній характеристиці з регуляторною гілкою зі зміною частоти обертання:

- зовнішня швидкісна характеристика;
- часткова швидкісна характеристика при зменшенні частоти обертання колінчастого вала двигуна.

З наведеної регуляторної характеристики видно, що у випадку недовантаження при зниженні частоти обертання колінчастого вала до певного значення питомо витрата палива зменшується, а потім знову зростає.

Номінальну частоту обертання колінчастого вала двигуна на зниженому швидкісному режимі слід приймати у відповідній точці мінімуму питомої витрати палива, що становить $n_{gmin} = 0,775 n_n$ [4].

Частота обертання колінчастого вала на холостому ході зниженого швидкісного режиму визначається за формулою:

$$n_{xn} = n_{nn} \frac{2 + \delta_{pn}}{2 - \delta_{pn}}, \quad (7)$$

де δ_{pn} – степінь нерівномірності регулятора, що характеризує діапазон зміни частоти обертання колінчастого вала в межах від холостого ходу двигуна до повного навантаження на регуляторній гілці зниженого швидкісного режиму.

Величина δ_p на номінальному режимі роботи двигуна визначається із залежності:

$$\delta_p = \frac{n_{xx} - n_n}{n_{cp}}, \quad (8)$$

де $n_{cp} = 0,5(n_{xx} - n_n)$ – середня частота обертання колінчастого вала двигуна на режимі регулятора.

Для всережимних регуляторів нових тракторних двигунів степінь нерівномірності при номінальному режимі становить 0,07...0,08. По мірі зниження швидкісного режиму, що встановлюється регулятором, значення степені нерівномірності збільшується і біля мінімальних частот обертання колінчастого вала складає 0,4...0,45; при цьому залежність δ_p від частоти обертання колінчастого вала двигуна має вигляд, близький до лінійного.

З врахуванням викладеного, степінь нерівномірності регулятора на номінальному зниженому швидкісному режимі можна представити в наступному вигляді:

$$\delta_{pn} \approx 1,45 - 0,37 \frac{n_{nn} - n_{min}}{n_n - n_{min}}, \quad (9)$$

де n_{min} – мінімальна стійка частота обертання колінчастого вала двигуна, з допустимою точністю визначається із залежності [4]

$$n_{min} = (0,38...0,42) n_n. \quad (10)$$

Значення годинної витрати палива на холостому ході зниженого швидкісного режиму $G_{тхн}$ визначається за формулою:

$$G_{тхн} = G_{тхх} \frac{n_{xn}}{n_{xx, max}}. \quad (11)$$

Встановивши перпендикуляр з n_{nn} до перехрещення з кривими N_e , M_e , G_t і g_e , добудуємо швидкісну характеристику на зниженому швидкісному режимі, тобто при неповній подачі палива.

Перехід дизельного двигуна на знижені швидкісні режими під час роботи машинно-тракторного агрегату раціональний у наступних випадках:

- для зменшення швидкості руху агрегату без втрат часу на перемикання передач (при поворотах в кінці гону, при переїздах через перешкоди і т. д.), коли потрібно знизити швидкість для технологічного обслуговування;
- під час під'їзду або навішування сільськогосподарських машин, коли потрібний плавний рух трактора з невеликою швидкістю;
- при неможливості раціонально завантажити двигун на робочій передачі, при обмеженні робочої швидкості агротехнічними вимогами.

Для оцінки економічності роботи двигуна необхідно враховувати характер зміни питомої витрати палива залежно від завантаження двигуна в зоні роботи регулятора.

Для побудови графіка (рис. 3) залежності зміни відношення питомої витрати палива при змінному завантаженні двигуна до питомої витрати на номінальному режимі від степені завантаження на режимі регулятора слід скласти допоміжну таблицю. Номінальна потужність двигуна і відповідно їй питомо витрата палива приймається за 100%.

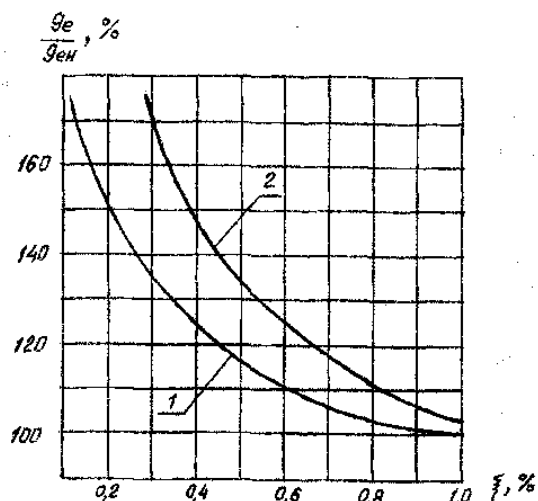


Рис. 3. Графік залежності питомої витрати палива від завантаження двигуна: 1 – номінальний режим; 2 – знижений швидкісний режим.

Аналогічні розрахунки і побудови виконуються для зниженого швидкісного режиму.

По даному графіку можна зробити порівняльну оцінку економічності двигуна. Чим в більш менших межах в діапазоні від 60 до 100% завантаження двигуна змінюється питома витрата палива g_e або його відношення до $g_e/g_{e,n}$, тим економічніший двигун в експлуатації.

Висновок. Для підвищення паливної економічності дизельних двигунів енергетичних засобів машинно-тракторних агрегатів при малоенергоємних сільськогосподарських операціях доцільно переходити на часткові понижені режими роботи двигуна.

Список використаних джерел

1. Болтинский В.Н. Работа тракторного двигателя при неустановившейся нагрузке. – М.: Сельхозгиз, 1949. – 216 с.
2. Эксплуатация машинно-тракторного парка. Бондаренко Н.Г. – 2-е изд., доп. и перераб. – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1984. – 232 с.
3. Практикум із машинвикористання в рослинництві: Навч. посібник / За ред. І.І. Мельника. – К.: Кондор, 2004. – 284 с.
4. Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. – М.: Колос, 1984. – 335 с.
5. Водяник І.І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів. – К: Урожай, 1994. – 222 с.
6. 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.
7. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов и расхода топлива двигателем автомобилей путём оптимизации эксплуатационных факторов: Дисс... д-ра техн. наук. – К., КАДИ, 1985. – 538 с.
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.

Аннотація. Обосновано целесообразность перевода работы дизельного двигателя энергетического средства машинно-тракторного агрегата на частичные пониженные скоростные режимы работы при условии невозможности загрузить двигатель путем комплектования с сельскохозяйственными машинами.

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат, энергетическое средство, дизельный двигатель, всережимный регулятор, загрузка, экономия.

Annotation. Grounded expedience of translation of work of diesel engine of power mean of mashinno-traktornogo asm on partial mionectic speed office hours on condition of impossibility to load an engine by completing with agricultural machines.

Keywords: mashinno-traktornogo asm, power mean, diesel engine, all-speed governor, loading, economy.