

УДК 629.114.2.073.286

МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ НАДЛИШКОВОЇ ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА ЕНЕРГОНАСИЧЕНОГО ТРАКТОРА

Шуляк. М.Л., к.т.н., доцент

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка)*

Наводиться аналіз проблем при використанні тракторів тягово-енергетичної концепції, та пропонуються напрями їх вирішення.

Вступ. В останні роки в світовій тракторній енергетиці чітко відстежується тенденція підвищення енергонасиченості тракторів, це відкриває нові перспективи застосування їх енергії для підвищення продуктивності використання складних ґрунтообробних та широкозахватних машино-тракторних агрегатів. На сьогоднішній час для тракторної енергетики актуально розв'язання ряду теоретичних задач, спрямованих на встановлення меж використання тракторів тягової та тягово-енергетичної.

Мета роботи. Розглянути методи використання надлишкової потужності двигуна енергонасичених тракторів. Встановити проблеми, які необхідно вирішити для раціонального використання тракторів тягово-енергетичної концепції.

Аналіз публікацій. Основна теорія трактора, що використовується для проектування енергетичних засобів на території країн СНГ, обґрунтована для тракторів тягової концепції. Чудаков Д.А. (1941 р.) запропонував прийняти тягове зусилля за параметр, що встановлює клас трактора. В подальшому цей напрям розвивався Трепененковим І.І., Судаковим А.Н., Медведєвим М.І., Гуськовим В.В. (1917-1977 р.). В цих роботах викладені матеріали, що дозволяють проектувати та раціонально використовувати трактори різних класів та призначень, трактора розвивалися в напрямі підвищення експлуатаційно-технологічних показників за рахунок підвищення потужності і маси, технічного рівня та універсальності. Проте слід зауважити, що теорія трактора тягової концепції ефективна, коли потужність двигуна реалізується через тягу [1]. Підвищення потужності трактора тягової концепції, веде за собою збільшення його маси, що звичайно не може продовжуватися постійно, а має раціональні межі, зумовлені технологічною необхідністю та екологічними критеріями. З великою ймовірністю можна стверджувати що тягова концепція трактора потребує змін в умовах сучасного тракторобудування.

Підвищення енергонасиченості тракторів і розв'язання технологій виробництва сільськогосподарських культур привело до випередження зростання маси технологічної частини МТА стосовно зростання маси трактора, що робить неможливим його подальше використання як тягача і потребує

нових напрямків використання потужності його двигуна. Агротехнічні, технологічні та інші фактори, що визначають концепцію трактора, в багатьох випадках суперечливі, тому прагнення підвищити одні властивості призводить до зниження інших. Протириччя агротехнічних вимог і розвинення функціональних властивостей трактора тягової концепції досягло критичного стану і утворює труднощі в подальшому їх вдосконаленні, бо неможливо поступитися одними заради інших.

Як відомо збільшена потужність трактора може бути реалізована в швидкісних, широкозахватних та комбінованих агрегатах. Проте при роботі таких агрегатів виникають швидкісні і тягові «бар'єри», які важко подолати. На шляху підвищення швидкості руху МТА лежать агротехнологічні і фізіологічні обмеження [2]. Агротехнічні обмеження зумовлені в основному впливом швидкості агрегату на якість виконання технологічної операції. Для кожного виду сільськогосподарських робіт існують оптимальні робочі швидкості при яких забезпечується потрібна якість обробітку ґрунту [3].

Технічні обмеження пов'язані з тягово-швидкісними та тягово-зчіпними можливостями трактору, а також з погіршенням надійності тракторів і машин.

Фізіологічні обмеження викликані погіршенням умов праці з ростом швидкості руху агрегату.

Збільшення швидкостей руху МТА з одного боку допомагає реалізувати потужність двигуна і підвищити продуктивність, а з іншого знижує якість обробітку ґрунту, тому таке збільшення можливе до певної гранично допустимої межі для кожної технологічної операції окремо. Так само можна стверджувати, що і збільшення ширини захвату сільськогосподарської машини можливо до певної межі.

Перераховані вище протириччя унеможливають подальше розвинення енергонасичених тракторів в межах тягової концепції і потребують переходу до тягово-енергетичної.

Необхідність розвинення технології виробництва сільськогосподарських культур, зумовила перехід від тракторів-тягачів, до більш легких енергонасичених тракторів, даний напрям розвинений Кутьковим Г.М. [4]. Використовуючи трактори тягово-енергетичної концепції можливо вийти з залежності між потужністю двигуна та масою трактора-тягача, бо тільки частина потужності буде реалізовуватися по системі « ґрунт – рушій ». Результати теоретичних і експериментальних досліджень енергетичних засобів тягово-енергетичної концепції викладені в роботі [5], в якій викладені основи агрегування модульних енергетичних засобів змінного тягового класу.

Колісний трактор тягово-енергетичної концепції – це енергетичний засіб такої енергонасиченості, за якої потужність двигуна не можливо реалізувати через його ходову систему в тягове зусилля. Це зумовлене вже вказаними технологічними вимогами до швидкісних режимів та можливістю опірної поверхні (ґрунту) сприймати навантаження від ведучих коліс трактора.

В роботі [3] вказано, що збільшення енергонасиченості трактора

призводить до неузгодженості його тягових можливостей по двигуну і по зчепленню ведучих коліс з опорною поверхнею. Тяга на гаку трактору по можливостям двигуна оцінюється за формулою:

$$P_{\text{зак}} = \frac{N_{\text{ен}}}{V_{\text{д}}} \cdot \eta_{\text{з}} \cdot \eta_{\text{тр.т.}} (1 - \delta_{\text{т}}) - m_{\text{т}} \cdot g \cdot \psi_{\text{т}}, \quad (1)$$

де $N_{\text{ен}}$ – номінальна потужність двигуна, кВт;

$V_{\text{д}}$ – дійсна швидкість агрегату, км/год;

$\eta_{\text{з}}$ – коефіцієнт завантаження двигуна по потужності;

$\eta_{\text{тр.т.}}$ – ККД трансмісії;

$\delta_{\text{т}}$ – буксування ведучих коліс;

$m_{\text{т}}$ – експлуатаційна маса трактора, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

$\psi_{\text{т}}$ – сумарний коефіцієнт опру руху (по коченню та підйому).

Тяга на гаку трактору по зчепленню з опорною поверхнею оцінюється за формулою:

$$P_{\text{зак}} = m_{\text{т}} \cdot g (\lambda_{\text{т}} \cdot \varphi_{\text{д.т}} - \psi_{\text{т}}), \quad (2)$$

де $\lambda_{\text{т}}$ – коефіцієнт нормального довантаження трактора від зчіпки, причепу;

$\varphi_{\text{д.т}}$ – коефіцієнт дотичної сили тяги ведучих коліс трактора.

Встановлено, що при виконанні транспортних робіт недовикористання потужності двигуна тракторів 3 тягового класу Т-150К складає 21%, а Т-150КМ – 37%.

Ефективними заходами щодо усунення цієї неузгодженості автори вважають довантаження ведучих коліс та активізація ходових органів робочих машин та зчіпок.

В роботі [6] запропоновано оцінювати енергонасиченість конкретної моделі трактора, шляхом порівняння з еталонною енергонасиченістю $E_{\text{те}}$, яка визначається з відношення ефективної потужності двигуна $N_{\text{еп}}$ за нормального тягового навантаження і швидкості на стерні колосових, до експлуатаційної ваги $G_{\text{тр}}$ трактора без баласту:

$$E_{\text{те}} = N_{\text{еп}} / G_{\text{тр}}. \quad (3)$$

Спираючись на цю методикау в був проведений аналіз тракторів [6], встановлено, що більшість закордонних фірм поставляють на ринок трактори з енергонасиченістю $E_t = 1,715$ кВт/кН. Вітчизняні трактори хоч і поступаються за енергонасиченістю закордонним моделям, але в основному перевищують еталонні показники, найбільшу енергонасиченість мають трактори КИЙ-14102 ($E_t = 2,02$ кВт/кН) і ХТА-200 «Слобожанец» ($E_t = 2,1$ кВт/кН).

За останні роки на сільськогосподарському ринку спостерігається зростання продажу тракторів з потужністю двигуна понад 150 кВт – в Німеччині, Франції та Росії [7]. Український ринок теж починає все більше орієнтуватися на імпорتنі трактори зарубіжних фірм, бо вітчизняні трактори за своїми експлуатаційно-технологічними показниками не повною мірою задовольняють споживача. Фахівці пояснюють підвищений попит покупця на трактори великої потужності насамперед появою нових технологій сільськогосподарського виробництва, що вимагають високої потужності двигуна трактора.

На найбільшій в світі спеціальній міжнародній сільськогосподарській виставці «AGRITECHNIKA–2011», що проходила в Німеччині, всіма основними виробниками тракторів («Fendt», «John Deere», «Vassey Ferguson», «Claas», ОАО «Кировський завод» і ПО «МТЗ») були представлені енергонасичені трактори потужність двигуна деяких доходила до 400-500 к.с., основними тенденціями розвитку тракторів вважаються: розширення потужностного діапазону; застосування в двигунах нетрадиційних видів палива; зниження шкідливого впливу на ґрунт та інш. У зв'язку з вище зазначеним можна стверджувати, що підвищення енергонасиченості тракторів буде збільшуватися і надалі.

Основна частина. Проте відомо, що збільшення енергонасиченості трактора не завжди пропорційно підвищенню продуктивності МТА, це в багатьох випадках пов'язано з неможливістю в повному обсязі раціонально використовувати потужність двигуна.

Особливістю трактора тягово-енергетичної концепції в порівнянні з трактором тягової є його універсальність – можливість використанні в різних тягових класах з різними сільськогосподарськими машинами. Але на сьогоднішній час сільськогосподарські машини, що розвивалися паралельно тракторам тягової концепції, не мають можливості реалізувати надлишок потужності двигуна трактора. Це стосується насамперед тракторів зарубіжних фірм-виробників і перед вітчизняним фермерами постає ряд проблем їх раціонального застосування. Багато вітчизняних сільськогосподарських знарядь не використовують в МТА з закордонними тракторами з ряду причин : різний технологічний рівень; неможливість завантажити двигун трактора; неможливість працювати на великих швидкостях. Як альтернативу можна використовувати в складі МТА шлейф машин, що пропонує виробник, але в багатьох випадках їх потрібно адаптувати під наші ґрунти та технології, це

знижує ефективність застосування. Великі енергонасичені трактори призначені для роботи з використанням високопродуктивних комбінованих посівних або ґрунтообробних агрегатів, їх можливо використовувати тільки в великих підприємствах і навіть там вони задіяні тільки деякий проміжок часу.

Для раціонального використання тракторів тягово-енергетичної концепції потрібно розробити та систематизувати можливі методи використання надлишкової потужності двигуна, розробити або адаптувати вітчизняні сільськогосподарські машини до роботи з цими тракторами, визначити оптимальні межі використання трактора в режимі «тягача» та «енергоустановки» в складі МТА.

Основні напрями використання надлишкової потужності енергонасиченого трактора в багатьох випадках відомі:

- зменшення тягового опору сільгоспмашин з пасивними робочими органами застосуванням активних робочих органів;

- збільшення ширини захвату та швидкості руху МТА;

- застосування багатофункціональних комбінованих агрегатів;

- заміна приводу робочих органів від ходових коліс сільгоспмашини на привід від тракторного дизеля.

- покращення тягово-зчіпних властивостей тракторів та МТА за рахунок:

- а) збільшення опорної поверхні рушіїв;

- б) збільшення зчіпної маси (диференціювання маси трактора);

- в) довантаження ведучих коліс трактора від машин та зчіпок;

- г) збільшення ведучих осей трактора.

- використання потужності для приводу рушіїв сільськогосподарської машини.

- застосування проміжних тягово-причіпних модулів з активними ходовими частинами.

Більшість цих методів широко застосовуються проте має ряд суттєвих недоліків: при збільшенні швидкості руху МТА знижується тяговий ККД ходової, збільшується втрата енергії на самопересування, буксування, ступінь нерівномірності навантаження на двигун та інш.; збільшення ширини захвату можливе не в усіх технологічних операціях і тільки на досить рівних і великих полях, при цьому неминуче ростуть втрати енергії на розвороти МТА та його транспортування; недоліками багатофункціональних комбінованих агрегатів є значна вага і величезний тяговий опір, відсутність технологічної універсальності; при покращенні тягово-зчіпних властивостей диференціювання маси трактора (баластування) збільшується негативний вплив на ґрунт; при збільшенні опорної поверхні рушіїв (здвоювання, строювання коліс) неминуче зростає витрата енергії на самопересування, за рахунок кінематичної невідповідності між ведучими осями трактора збільшуються втрати енергії на циркулюючу потужність. Тому один з найкращих способів реалізації надлишкової потужності можна вказати комбінування цих методів для досягнення найкращих результатів.

Найбільший інтерес представляють використання потужності для приводу рушіїв сільськогосподарської машини та застосування проміжних тягово-прічіпних модулів з активними ходовими частинами.

Активний привід рушіїв сільськогосподарської машини забезпечить зниження потрібної зчіпної ваги трактора і зменшить шкідливий вплив МТА на ґрунт [8].

В загальному випадку для сталого руху МТА рівняння балансу потужності має вид[9]:

$$N_e = N_M + N_\delta + N_f \pm N_\alpha + N_{KP} + N_{B.П} + N_{B.M}, \quad (4)$$

де N_e – ефективна потужність двигуна;

$N_M, N_\delta, N_f, N_\alpha$ – втрати потужності відповідно в трансмісії трактора, на буксування, на самопересування та подолання підйому;

N_{KP} – потужність на подолання тягового опору робочих машин;

$N_{B.П}$ – втрати потужності в приводі ВОМ;

$N_{B.M}$ – потужність на привід робочих органів машин, пов'язаних з ВОМ

Рівень корисного використання потужності двигуна у відповідності з балансом потужності характеризується загальним ККД трактора:

$$\eta = (N_{KP} + N_{B.M}) / N_e. \quad (5)$$

Розглянувши рівняння (4), (5) бачимо, що значення ККД буде тим більше, чим менші будуть втрати потужності $N_M, N_\delta, N_f, N_\alpha, N_{B.П}$.

В роботі [10] запропоновано оцінити потужність двигуна, що відбирається на привід активних ходових та робочих органів машини за формулою:

$$\chi = \frac{N_{PP}}{N_{PP} + N_K / \eta_{TP}} = \frac{1}{1 + N_K / (N_{PP} \cdot \eta_{TP})}, \quad (6)$$

де N_{PP} – потужність, що витрачається на привід активних робочих та ходових органів машини;

N_K – потужність, що підведена до рушія ходової системи;

η_{TP} – ККД трансмісії.

Для раціонального використання тракторів тягово-енергетичної концепції важливо враховувати позитивний і негативний досвід отриманий при проектування тракторів тягової концепції, сконцентрувати увагу на зниженні втрат потужності $N_M, N_\delta, N_f, N_\alpha, N_{в.п}$ та підвищенню загального ККД трактора та МТА, розробити методику, яка дозволить встановити потрібний рівень потужність двигуна, що відбирається на привід активних ходових та робочих органів машини – χ , в різних технологічних процесах.

Вирішення поставлених задач дозволить отримати наступні переваги МТА на базі тракторів тягово-енергетичної концепції:

- при встановленні оптимального балансу між $N_e, N_{кр}, N_{пр}$ продуктивність МТА буде збільшуватися пропорційно збільшенню N_e ;
- зниження шкідливого впливу рушіїв на ґрунт за рахунок збільшення ведучих осей і коліс МТА – дозволить працювати з більш низьким тиском в шинах і меншим осьовим навантаженням;
- можливість зниження робочої ваги трактора за рахунок використання ваги всього агрегату;
- можливість використання технологічного модуля з активним приводом (тележки, зчіпки), що дозволить підвищити універсальність трактора та його пристосовність до прогресивних технологій рослинництва.
- зниження витрати палива за рахунок зміни ваги трактора та покращенню тягово-зчіпних якостей МТА, універсальності та інш.;

Висновки: Для раціонального використання тракторів тягово-енергетичної концепції потрібно:

- 1) розробити та систематизувати можливі методи використання надлишкової потужності двигуна;
- 2) розробити або адаптувати вітчизняні сільськогосподарські машини до роботи з цими тракторами;
- 3) враховувати позитивний і негативний досвід отриманий при проектування тракторів тягової концепції, сконцентрувати увагу на зниженні втрат потужності $N_M, N_\delta, N_f, N_\alpha, N_{в.п}$ та підвищенню загального ККД трактора та МТА;
- 4) визначити оптимальні межі використання трактора в режимі «тягача» та «енергоустановки» в складі МТА, розробити методику, яка дозволить встановити потрібний рівень потужність двигуна, що відбирається на привід активних ходових та робочих органів машини – χ в різних технологічних процесах.

Список літератури

1. Трепененков И.И. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов [Текст] / И.И. Трепененков. – М.: Машгиз, 1963.– 271 с.
2. Киртбая Ю.К. Резервы в использовании машинно-тракторного парка [Текст] / Ю.К. Киртбая. – М.: Колос, 1976.– 256 с.
3. Шалягин В.Н. Эффективность догрузки ведущих колес тракторов и активизации ходовых органов машин и сцепок [Текст] / В.Н. Шалягин, Д.И. Ткаченко. – М.: МИИСП, 1981.– 76 с.
4. Кутьков Г.М. Основы теории трактора и автомобиля [Текст] / Г.М. Кутьков. – М.: Колос, 1996.– 274 с.
5. Надикто В.Т. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві [Текст] / В.Т. Надикто, М.Л. Крижичківський, В.М. Кюрчев, С.Л. Абдула // Навч. Посібник. – 2006. – 337 с.
6. Лебедев С.А. Споживчі якості енергонасичених тракторів для рослинництва // Техніка і технологія АПК.– 2012.–№ 9.– С. 12 - 16.
7. Нефедов А. Состояние мировых рынков сельскохозяйственных тракторов / А. Нефедов // Основные средства.–2010.– № 4.– С. 17 - 28.
8. Водолажченко Ю.Т. Обоснование и расчет параметров технологического модуля с активной осью [Текст] / Ю.Т. Водолажченко, Д.И. Ткаченко, В.Н. Шалягин. – М.: МИИСП, 1986.– 80 с.
9. Зангиев А.А. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка [Текст] / А.А. Зангиев, Г.П. Лышко, А.Н. Скороходов // Учебник. – М.: Колос, 1996.– 320 с.
10. Шалягин В.Н. Транспортные и транспортно-технологические средства повышенной проходимости [Текст] / В.Н. Шалягин – М.: Агропромиздат, 1986.– 254 с.

Аннотация

Методы использования избыточной мощности двигателя энергонасыщенных тракторов.

Шуляк М.Л.

Приводится анализ проблем при использовании тракторов тягово-энергетической концепции, и предлагаются направления их решения.

Abstract

Methods of using surplus power of the engine power tractors.

M. Shulyak

An analysis of problems when using tractor pull-energy concept, and proposes directions for their solutions.