

**А.Ю. РЕБРОВ**, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»,  
**Р.Г. ГРИГО**, аспирант НТУ «ХПИ»

## ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСНЫХ СЕЛЬХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ И УЛУЧШЕНИЕ ИХ ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

У статті розглянуті конструктивні параметри та інші чинники, що впливають на тягово-енергетичні показники трактора.

The article deals with the design parameters and other factors affecting the traction-energy performance of the tractor.

Совершенствование технологий сельскохозяйственного производства и конструкции трактора происходит непрерывно и находится в тесной взаимосвязи. Одной из основных задач при выпуске новых колесных машин для сельскохозяйственного производства является улучшение их тягово-энергетических показателей (ТЭП), которые зависят от производительности ( $\Pi$ ), буксования ( $\delta$ ), КПД трансмиссии ( $\eta_T$ ), загрузки двигателя по мощности ( $\epsilon_N$ ) и моменту ( $\epsilon_M$ ), удельного (на единицу площади) расхода топлива ( $G_T$ ).

**Цель.** Краткий обзор конструктивных параметров и природно-производственных факторов, влияющих на показатели колесного сельскохозяйственного трактора.

**Основная часть.** Производительность ( $\Pi$ ) в чистом виде представляет собой произведение  $\Pi = Bv$ , где  $B$  – ширина захвата, м; а  $v$  – скорость, с которой трактор, мощностью  $N_H$  и массой  $m_m$ , выполняет технологическую операцию. Расход топлива на единицу площади  $G_T = g_e E_H$ , где  $g_e$  – удельный расход топлива, кг/(кВт·ч);  $E_H$  – удельные (на единицу площади) энергозатраты (Дж/м<sup>2</sup>, Дж/га, кВт·ч/м<sup>2</sup>, кВт·ч/га); в единицах Дж/м<sup>2</sup> их определяют по формуле [1]

$$E_H = \sigma_H N_H / (Bv) \quad (1)$$

В работе [5] для оценки энергозатрат предложены два коэффициента:  $E_K$  и  $K_e$  – удельные энергозатраты на единицу удельного тягового сопротивления и производительности. Чем меньше эти коэффициенты, тем эффективнее трактор. Заменив в формуле (1)  $B$  на  $R_{\text{тп}}/K_e$ , после преобразования получим

$$E_{\text{н}} = K_{\text{о}} E_{\text{к}}, \quad (2)$$

$$E_{\text{к}} = M_{\text{н}}/\eta_{\text{т}}, \quad (3)$$

где  $\eta_{\text{т}}$  – тяговый КПД.

Коэффициент  $E_{\text{к}}$  по соотношению  $E_{\text{н}} = E_{\text{к}}/K_{\text{о}}$  имеет размерность [Дж/м]/[Н/м]. При безразмерном  $E_{\text{к}}$  из равенства (3) по формуле (2) можно выразить удельные энергозатраты с размерностью Н/м, что эквивалентно Дж/м<sup>2</sup>, т.е.  $E_{\text{к}}$  – эквивалент удельных энергозатрат  $E_{\text{т}}$  независимо от  $K_{\text{о}}$  и, следовательно, эквивалент погектарного расхода топлива  $G_{\text{т}}$ .

Определяющими конструктивными параметрами для показателей производительности и расхода топлива являются: характеристика двигателя, развиваемая мощность и крутящий момент, вес трактора. Эти параметры тесно взаимосвязаны. Как показывают исследования в работе [2] на примере расчета показателей трактора К-700-02-с.-х., производства ЗАО «Тихвинский тракторный завод», увеличение мощности, без изменения массы нецелесообразно: производительность не увеличивается, а энергозатраты, при изменении мощности с 173 кВт до 220 кВт, возрастают на 27%.

Характеристика двигателя и способ реализации тягового диапазона так же существенно влияет на производительность. Для трактора общего назначения тяговый диапазон  $\delta_{\text{т}}=3\dots3,5$ . Способность двигателя работать в этом диапазоне нагрузок характеризуется коэффициентами приспособляемости по моменту и частоте вращения вала:

$$K_{\text{т}} = M_{\text{max}}/M_{\text{э}}, \quad K_{\text{н}} = n_{\text{н}}/n_{\text{max}} \quad (4)$$

где  $n_{\text{max}}$  – частота вращения вала при  $M_{\text{max}}$ .

В зависимости от значений  $\delta_{\text{т}}/K_{\text{т}}$  и  $K_{\text{н}}$  трактор должен иметь разное число передач для преодоления с минимальными энергозатратами постоянно меняющейся нагрузки. Число рабочих передач определяется по формуле:

$$n_{\text{п}} = \frac{1 + \lg(\delta_{\text{т}}/E_{\text{т}})}{\lg K_{\text{н}}} \quad (5)$$

При  $K_{\text{т}}=1,08\dots1,18$ ;  $K_{\text{н}} \approx 1,46$  и рабочем диапазоне  $n_{\text{н}} - n_{\text{min}}$  число передач  $n_{\text{п}}=9$ ; используя диапазон  $n_{\text{н}} - n_{\text{э}}$ , где  $n_{\text{э}}$  – соответствует минимальному расходу топлива, число передач  $n_{\text{п}}=27$ . Расход топлива

снижается, но возникает необходимость автоматизации переключения передач[3].

Наиболее эффективным в плане реализации тягового усилия и удельного расхода топлива является двигатель постоянной мощности (ДПМ). К ДПМ можно отнести компрессорно-поршневой двигатель (ДКП) [8]. Основные преимущества ДКП перед дизелем: регулируемая скоростная характеристика без регуляторного участка; наличие крутящего момента во всем скоростном диапазоне  $n_e=0 \dots 2000 \text{ мин}^{-1}$  (даже в случае принудительной остановки вала); имеет индикаторный КПД, близкий к карбюраторным ДВС, газовая ниже в 6 раз.

Передаточное число трансмиссии определяется режимом работы трактора. Различается три режима: по минимуму энергозатрат  $E_k \rightarrow \min$ , по максимуму тягового КПД  $\eta_T \rightarrow \max$  и комбинированный  $E_k + 1/\eta_T \rightarrow \min$ . Диапазон относительных передаточных чисел по всем критериям для колесных сельскохозяйственных тракторов обычно составляет 42,2-82,7 [4]. Выбор оптимального числа рабочих передач и относительных передаточных чисел должен соответствовать критериям оптимальности

$$\Delta R_{TP} = |P_{TP(j-1)} - P_{TPj}| \rightarrow \min, \quad (6)$$

$$\Delta N_{TP} = |N_{TP(j-1)} - N_{TPj}| \rightarrow \min, \quad (7)$$

$$\Delta E_k = |E_k(j-1) - E_kj| \rightarrow \min, \quad (8)$$

где  $j=2, \dots, n_0$  – номер передачи с учетом, что  $i_{k1} = i_{kmax}$  ( $n_0$  – число рабочих передач). Чем меньше указанные разности, тем выше экономичность трактора, так как его работа происходит с большей загрузкой двигателя вследствие более плавного и широкого маневрирования скоростями движения. Так же при расчете передаточного числа трансмиссии  $i_{TP}$  необходимо учитывать динамический радиус колеса  $r_k$ . Так как  $i_k = \frac{i_{TP}}{r_k} = \text{const}$  изменение  $r_k$  влияет на передаточное число трансмиссии  $i_{TP}$ , следовательно, на суммарное количество зубьев колес [4]. По результатам расчетов в работе [6] понятно, что изменение динамического радиуса колеса  $\Delta r_k$ , за время рабочего хода трактора, может достигать 0,05м при  $r_k=0,8\text{м}$ .

Шина является важным конструктивным параметром в плане реализации тягового усилия. Теоретический анализ [5] показывает, что увеличение размеров шины (диаметра и ширины) при одинаковой

вертикальной нагрузке на шину приводит к улучшению ее тягово-сцепных качеств, а следовательно и к улучшению тягово-энергетических показателей трактора в целом. Вместе с тем, рост параметров шины приводит повышению веса трактора и стоимости шин. В результате исследования установлено, что для каждого типоразмера шин ведущих колес трактора существует оптимальная весовая нагрузка, при которой колесо развивает максимальный КПД.

На эффективность работы трактора так же влияет множество природно-производственных факторов, определяющих его показатели. Основные из них, которые можно учесть при проектировании: длина гона  $L$ , м; удельное сопротивление почвы  $k_0$ , Н/м<sup>2</sup>; угол склона; изменение тягового сопротивления  $\Delta K$  – из-за влияния скорости и  $f$  – из-за сопротивления качению.

Длина гона – основной фактор, определяющий производительность на данной операции. Для каждой длины существует производительность, при дальнейшем увеличении которой (т.е. при увеличении мощности трактора) возрастают приведенные затраты и эффективность трактора снижается.

Как показывают исследования [7], для конкретной зоны эксплуатации оптимальные показатели трактора определяются обобщенным параметром – чистой производительностью, соответствующей минимальным приведенным затратам и зависящей в основном от длины гона.

**Выводы.** Таким образом, при изучении влияния конструктивных параметров сельскохозяйственных машин на формирование и улучшение их тягово-энергетических показателей необходим комплексный подход, подробное рассмотрение и учет всех факторов, как технических, так и природных, оказывающих влияние на тягово-энергетические показатели трактора.

**Список литературы:** 1. Самсонов В.А. Оценка эффективности и сравнение тракторов при проектировании и модернизации// Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006, №3. 2. Самсонов В.А. Численные методы в теории трактора// Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005, №8. 3. Самсонов В.А. Численные методы в теории трактора// Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005, №9. 4. Самсонов В.А. Численные методы в теории трактора// Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006, №4. 5. Гуськов А.В. Оптимизация тягово-сцепных качеств тракторных шин// Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007, №7. 6. Самсонов В.А. Расчет передаточных чисел трансмиссии трактора// Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001, №4. 7. Самсонов В.А. Расчет показателей трактора с учетом влияния природно-производственных факторов// Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007, №4. 8. Пылаев Б.В. Компрессорно-поршневой двигатель и его термодинамический расчет// Вестник машиностроения. – 1996, №12.

*Поступила в редколлегию 29.09.2010*