

УДК:621.431

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**Жданко Д.А.**, к.т.н. доцент, **Непарко Т.А.**, к.т.н. доцент, **Тимошенко В.Я.**, к.т.н. доцент, БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Мощность двигателя в процессе его использования постепенно снижается. Уменьшение мощности происходит из-за износа цилиндра-поршневой группы, механизма газораспределения, узлов топливо-, воздухоподачи и т.п. Другими словами фактическая величина мощности является комплексным диагностическим параметром, характеризующим техническое состояние как двигателя в целом, так и отдельных его узлов и механизмов. Поэтому периодический контроль мощности путем ее измерения в производственных условиях позволяет своевременно определять и устранять технические неисправности, то есть поддерживать двигатель в работоспособном состоянии.

Использование тормозных стендов в условиях сельскохозяйственного предприятия по ряду объективных причин затруднено. Для условий сельхозпроизводителя перспективными являются безтормозные методы определения мощности. К ним относятся следующие методы: профессора Н.С. Ждановского, парциальный и динамический [1].

Первые два из указанных методов применимы для разных дизельных и бензиновых двигателей с мощностью до 100 л.с. (73,6 кВт). Они являются простыми, однако имеют сравнительно низкую точность. Поэтому предпочтительным является динамический метод определения мощности двигателя.

Динамический метод основан на определении мощностных показателей дизелей по параметрам переходных процессов, в частности по изменению частоты вращения коленчатого вала при полном или частичном разгоне (или выбеге).

Разгон рекомендуется применять для определения эффективной мощности, а полный и частичный выбег – для определения полной индикаторной мощности дизеля, мощности каждого цилиндра в отдельности и механического КПД.

Этот метод основан на анализе переходных процессов, возникающих в дизеле при резком увеличении или выключении подачи топлива.

Уравнение движения при неустановившемся режиме работы двигателя имеет вид

$$I_d \frac{d\omega}{dt} = M_i - M_c = M_e, \quad (1)$$

где I_d – приведенный момент инерции двигателя; ω – угловая скорость коленчатого вала, рад/с; M_i – индикаторный момент двигателя; M_c – момент сопротивления двигателя, $H \cdot m$; $\frac{d\omega}{dt} = \varepsilon$ – угловое ускорение двигателя, c^{-2} ; M_e – эффективный крутящий момент двигателя, $H \cdot m$.

Указанный метод положен в основу цифрового измерителя мощности двигателя ИМД-Ц и его модификаций. Указанное устройство состоит из индуктивного датчика, цифроаналогового преобразователя, дифференцирующего устройства, аналогово-цифрового преобразователя и цифрового табло. Первичный преобразователь устанавливается в отверстие картера двигателя над зубьями венца маховика. При отсутствии такого отверстия оно всегда может быть высверлено.

В конструктивном исполнении устройство достаточно универсально и пригодно для измерения частоты вращения и ускорения выбега двигателей большинства тракторов, применяемых в сельском хозяйстве.

Эти тракторы, по основным параметрам, определяющим процесс измерения (например, число зубьев на венце маховика, частота вращения, соответствующая номинальной мощности, приведенный момент инерции и т.п.) не унифицированы и поэтому вводятся калибровочные коэффициенты.

Перед использованием прибора его калибруют по частоте вращения ω и по угловому ускорению ε [2]. Калибровка заключается в установке на шкалах прибора так называемых калибровочных значений ω и ε .

Калибровочное значение устройства по частоте вращения коленчатого вала для двигателей устаревших и новых марок [2] определяют по формуле

$$n = \frac{187500}{z}, \quad (2)$$

где z – число зубьев на венце маховика двигателя конкретной марки.

Калибровочное значение устройства по ускорению для двигателей всех марок одинаково [2] и равно $327,2 \text{ с}^{-2}$.

В руководстве по устройству [2,3] калибровочные значения других параметров приведены только для двигателей старых марок, полученные экспериментальным путем. Поэтому для современных двигателей эти значения можно определить по формуле (1), используя данные внешней (скоростной) характеристики двигателя.

В качестве калибровочных коэффициентов частоты вращения коленчатого вала в области номинальной частоты вращения и в области максимального крутящего момента эталонного (нового) двигателя конкретной марки в первом приближении можно принять значения номинальной частоты вращения значения n_n и частоты вращения $n_{Me \max}$ из регуляторной (внешней) характеристики двигателя, которая может быть найдена в руководстве по эксплуатации трактора или в доступной интернет-сети.

В настоящее время заводы-изготовители, как правило, в технической характеристике указывают номинальную мощность двигателя $N_{ен}$, номинальный $M_{ен}$ и максимальный момент $M_{e \max}$ и соответствующие им частоты вращения n_n и $n_{Me \max}$. Приводится также и частота вращения холостого хода n_{xx} при максимальной подаче топлива.

Приведенный момент двигателя I_d и момент сопротивления (прокрутки) M_c можно определить экспериментальным путём из следующих соображений. Зная, что

$$I_d \cdot \varepsilon_n = M_c \quad (3)$$

с помощью динамометрического ключа можно определить M_c прокручиванием коленчатого вала неработающего двигателя. Далее экспериментально определяем время выбега (замедления) t_b неработающего двигателя от максимальной частоты вращения n_{xx} коленчатого вала до полной его остановки.

Уравнение равнозамедленного движения коленчатого вала можно представить как

$$\omega = \frac{\omega_{xx}}{t_b} t + \omega_{xx}$$

Зная, что

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt},$$

находим, что, ускорение выбега

$$\varepsilon_b = \frac{\omega_{xx}}{t_b} \quad \text{или} \quad \varepsilon_b = \frac{\pi n_{xx}}{30 t_b}, \text{ с}^{-2}.$$

По зависимостям (2) и (3) определить калибровочное значение устройства по частоте вращения n коленчатого вала двигателя, момент инерции I_d и угловое ускорение ε_b выбега.

Из регуляторной характеристики двигателя выписываем значения номинальной n_n частоты вращения $n_{метax}$ при максимальном эффективном моменте $M_{e \max}$ и максимальные обороты n_x холостого хода.

По зависимостям

$$\varepsilon_{Me \max} = \frac{M_{e \max}}{I_d},$$

$$\varepsilon_n = \frac{M_{en}}{I_D}.$$

Определяем эталонные значения угловых ускорений ε_n в области номинальной частоты вращения n_n и в области максимального крутящего момента M_{emax} .

По известным калибровочным значениям углового ускорения ε_n , ε_{max} и ε_{xx} строим зависимость эффективной мощности N_e двигателя от углового ускорения ε . Далее по методике [1, 2, 3] калибруют устройство ИМД-ЦМ и измеряют ускорение разгона $\varepsilon_{изм}$ и по его величине определяют фактическое $N_{эф}$ значение эффективной мощности двигателя.

Можно предположить, что использование расчетных значений калибровочных параметров при использовании устройства ИМД-ЦМ приведет к снижению точности измерений. Разработчики прибора рекомендуют их определять экспериментальным путем на тормозных стендах [2]. Однако в настоящее время нет основания подвергать сомнению заводскую паспортную характеристику двигателя. Более того, исследованиями установлено [4], что в тракторах механизаторы органолептически замечают падение мощности, если оно превышает 25% номинального значения. Для современного энергонасыщенного трактора, например, БЕЛАРУС-4522С, это составит более 85 кВт [5]. Поэтому в данном случае любое ориентировочное фактическое значение для оценки состояния двигателя в условиях сельскохозяйственного предприятия является актуальным.

Литература

1. Присс, В.И. Диагностирование тракторов /В.И. Присс [и др]; Под редакцией В.И. Присс. – Мн.: Ураджай, 1993.
2. Устройство измерительное ИМД-Ц. Инструкция по техническому диагностированию. – М., 1984. – 42с
3. Устройство измерительное ИМД-Ц. Методические указания по поверке 2781.801-МУ.
4. Казакевич, П.П. Обновление парка обкаточных устройств и их импортозамещение / П.П. Казакевич, В.Я. Тимошенко // Агропанорама, 2010. – С. 45-48.
5. Новиков, А.В. Эксплуатационная оценка широкозахватного пахотного агрегата на базе трактора «БЕЛАРУС 4522С» / А.В. Новиков, Д.А. Жданко, Т.А. Непарко, Ф.И. Назаров, Н.Д. Лепешкин // Агропанорама. – 2017. – № 2. – С. 2-8.

УДК 631.348

СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ШТАНГИ ПОЛЕВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ

Крук И.С., к.т.н., доцент

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В связи с постоянными совершенствованиями конструкций опрыскивателей, направленных на повышение производительности за счет увеличения ширины захвата и рабочей скорости движения агрегатов, все большее внимание уделяется разработке несущих конструкций и схем навешивания штанг. При движении опрыскивателя по полю его штанга совершает динамические колебания в вертикальной плоскости, что влияет не только на качество выполнения технологической операции, но и надежность конструкции сельскохозяйственной машины. Даже в условиях хорошо выровненной поверхности поля при скорости движения трактора $8 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$ амплитуда колебаний штанги длиной 12 м может достигать значений $\pm 20 \text{ см}$ [1-3].

Исполнение несущей конструкции штанги и способ ее крепления к раме опрыскивателя определяют его надежность и технологические режимы работы, а также качество выполняемого процесса. Подвеска штанги является важным элементом конструкции современного опрыскивателя и призвана изолировать штангу от возмущений рамы (места навески), вызванных микропрофилем поля. Во время работы опрыскиватель колеблется относительно трактора в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях: продольно-вертикальной, поперечно-вертикальной, горизонтальной [2, 3].