

УДК:621.431

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

А.В. Новиков,

профессор каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Д.А. Жданко,

зав. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Т.А. Непарко,

доцент каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В статье представлена методика определения калибровочных значений частоты вращения и углового ускорения коленчатого вала отечественного дизельного двигателя для измерения его эффективной мощности динамическим методом с помощью индикатора мощности ИМД-ЦМ. В качестве исходных данных использована внешняя скоростная характеристика.

Ключевые слова: двигатель, частота вращения, угловое ускорение, эффективный момент, эффективная мощность, калибровочное значение, регуляторная характеристика.

The article presents a method for determining the calibration values of the rotational speed and angular acceleration of the crankshaft of a domestic diesel engine to measure its effective power by a dynamic method using the power indicator IMD-TsM. The external velocity characteristic was used as the initial data.

Keywords: engine, rotational speed, angular acceleration, effective torque, effective power, calibration value, regulatory characteristic.

Введение

Мощность двигателя в процессе его использования постепенно снижается. Уменьшение мощности происходит из-за износа цилиндрико-поршневой группы, механизма газораспределения, узлов топливо-воздухоподдачи и т.п., т.е. 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, и поддерживать двигатель в работоспособном состоянии.

В настоящее время существуют тормозные и безтормозные методы измерения мощности. Использование тормозного метода основано на торможении двигателя на специальном стенде электрического, механического или гидравлического типа на различных режимах его работы. Однако использование таких тормозных стендов в условиях сельскохозяйственного предприятия по ряду объективных причин затруднено.

Для условий сельхозпроизводителя перспективными являются безтормозные методы определения мощности: метод профессора Н.С. Ждановского, а также 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.

Основная часть

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 к оси вращения коленчатого вала двигателя момент инерции, кг·м²;

ω – угловая скорость коленчатого вала, рад/с;

M_i – индикаторный момент двигателя, Н·м;

M_c – момент сопротивления двигателя, Н·м;

$$\frac{d\omega}{dt} = \varepsilon - \text{угловое ускорение двигателя, с}^{-2};$$

M_e – эффективный крутящий момент двигателя, Н·м.

Указанный метод положен в основу работы цифрового измерителя мощности двигателя ИМД-Ц и его модификаций. Устройство (рис. 1) состоит из первичного преобразователя, преобразователя измеряемых величин в напряжение, аналого-цифрового преобразователя, счетчика и цифрового табло.

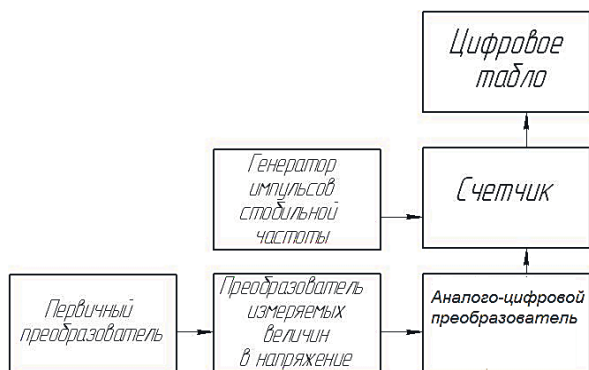


Рис. 1. Структурная схема блока измерения мощности прибора ИМД-ЦМ

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

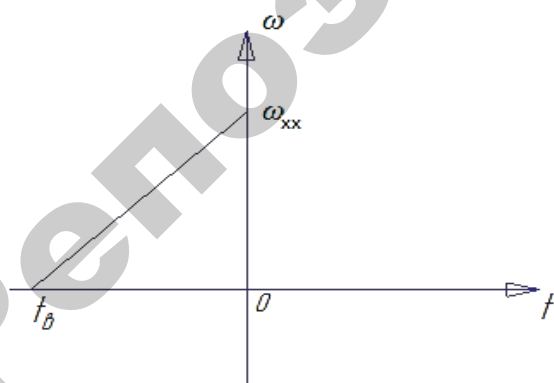


Рис. 2. Зависимость угловой скорости ω от времени t

частоте вращения n 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 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_{en} , номинальный M_{en} и максимальный момент $M_{c \max}$ и соответствующие им частоты вращения номинальная n_n и $n_{Me \max}$. Приводится также и частота вращения холостого хода при максимальном моменте n_{xx} при максимальной подаче топлива.

Приведенный к оси вращения коленчатого вала двигателя момент инерции I_d и момент сопротивления (прокрутки) M_c можно определить экспериментальным путем 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_0 неработающего двигателя от максимальной частоты вращения n_{xx} (угловой скорости ω_{xx}) коленчатого вала до полной его остановки. На рис. 2 представлена зависимость угловой скорости ω вращения коленчатого вала до его полной остановки от времени t .

Уравнение равнозамедленного движения коленчатого вала можно представить как

$$\omega = \frac{\omega_{xx}}{t_0} t + \omega_{xx} \quad (4)$$

Зная, что

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}, \quad (5)$$

Находим, что ускорение выбега

$$\varepsilon_e = \frac{\omega_{xx}}{t_e} \text{ или}$$

$$\varepsilon_e = \frac{\pi n_{xx}}{30 t_e}, \text{ с}^{-2}$$

Устройство ИМД-ЦМ имеется на рынке Республики Беларусь. Оно также входит в комплект КИ-28092.01 средств диагностирования и регулировки дизелей тракторов и самоходных машин [4]. Для его использования при измерении мощности двигателя конкретной марки необходимо представить графически по данным завода-изготовителя зависимость (рис. 3) эффективной мощности N_e этого двигателя от частоты вращения n по внешней характеристике двигателя.

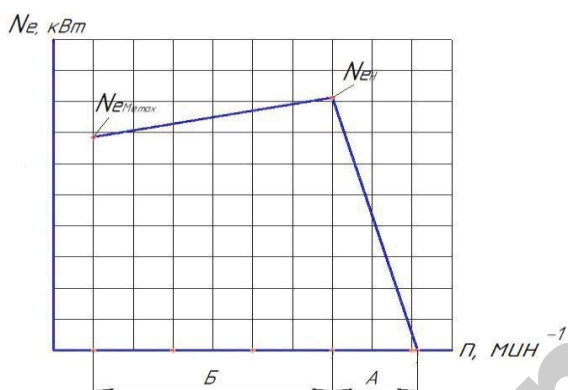


Рис. 3. Зависимость эффективной мощности двигателя N_e от частоты вращения n по внешней скоростной характеристике двигателя: А – регуляторная зона; Б – зона перегрузки

В картере маховика напротив зубчатого венца необходимо высверлить отверстие и нарезать резьбу М16х1,5 для установки первичного преобразователя частоты вращения прибора. Через указанное отверстие, медленно проворачивая коленвал двигателя, определить число Z зубьев венца.

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

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

По зависимостям

$$\varepsilon_{M_{e\max}} = \frac{M_{e\max}}{I_D}, \quad (6)$$

$$\varepsilon_n = \frac{M_{en}}{I_D}. \quad (7)$$

определяем эталонные значения угловых ускорений ε_n в области номинальной частоты вращения n_n и в области максимального крутящего момента $M_{e\max}$.

Следует отметить, что при частоте вращения n_{xx} холостого хода эффективная мощность N_{exx} холостого хода равна нулю, так как в этой точке имеет равномерное вращение коленчатого вала и следовательно $\varepsilon_{xx}=0$. Известно также, что зависимость эффективной мощности N_e дизельного двигателя от частоты вращения n имеет линейный характер в регуляторной А и зоне перегрузки Б (рис. 3).

По известным калибровочным значениям углового ускорения ε_n , $\varepsilon_{M_{e\max}}$ и $\varepsilon_{xx} = 0$ строится зависимость (рис. 4) 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 зависимости (рис. 4) по его величине определяют фактическое N_{ef} значение эффективной мощности двигателя.

Можно предположить, что использование расчетных значений калибровочных параметров при использовании устройства ИМД-ЦМ приведет к сниже-

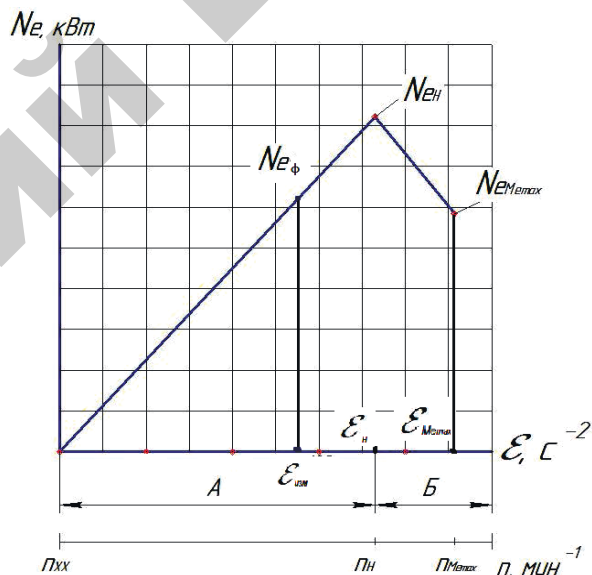


Рис. 4. Зависимость эффективной мощности N_e двигателя от углового ускорения ε

нию 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 [5], 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 [6]. Поэтому в данном случае любое ориентировочное фактическое значение для оценки состояния двигателя в условиях сельскохозяйственного предприятия является актуальным.

Заключение

1. В условиях сельскохозяйственного предприятия для измерения мощности дизельных двигателей отечественного производства может быть использован динамический метод с помощью индикатора мощности ИМД-ЦМ, при этом калибровочные значения частоты вращения и углового ускорения коленчатого вала двигателя определяются расчетным путем.

2. Исходными данными для расчетов являются значения эффективного момента, эффективной мощности и частоты вращения коленчатого вала согласно внешней (скоростной) характеристике завода-изготовителя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Диагностирование тракторов / В.И. Присс [и др]; под редакцией В.И. Присс. – Мн.: Ураджай, 1993. – 240 с.

2. Устройство измерительное ИМД-Ц: инструкция по техническому диагностированию. – М., 1984.

3. Устройство измерительное ИМД-Ц: методические указания по поверке 2781.801-МУ.

4. Диагностика и техническое обслуживание машин: учеб. пособие / А.В. Новиков [и др]; под ред. А.В. Новикова. – 2-е изд., пер. и доп. – Минск: БГАТУ, 2011. – 344 с.

5. Казакевич, П.П. Обновление парка обкаточных устройств и их импортозамещение / П.П. Казакевич, В.Я. Тимошенко // Агропанорама. – 2010. – С. 45-48.

6. 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.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 20.11.2018

УДК 637.1

ЭТАПЫ ТЕХНОЛОГИИ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЗАКВАСОК

Л.В. Сафроненко,

доцент каф. инновационного развития АПК ИПК и ПК АПК БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Е.В. Сафроненко,

директор ОАО «Бона Фуд»

Изложены научные и практические аспекты создания бактериальных заквасок для производства широкого ассортимента ферментированных молочных продуктов. Приведены данные по микробиологическому составу Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов, дано краткое описание используемых штаммов и описаны способы применения заквасок.

Ключевые слова: молочнокислые микроорганизмы, коллекция культур, этапы технологии, использование бактериальных заквасок.

The scientific and practical aspects to create bacterial starters for the production of a wide range of fermented dairy products are outlined. The data on microbiological composition of the Republican collection of industrial strains of starter cultures and their bacteriophages are given, a brief description of the strains used and methods of application of starters are given.

Keywords: lactic acid microorganisms, collection of cultures, stages of technology, use of bacterial starters.

Введение

Выпуск молочных продуктов принадлежит к числу тех производств, в которых микробиологические процессы играют роль одного из важнейших факторов. Показатели безопасности и качества молочных продуктов во всем мире в большей мере нормируются именно по микробиологическим критериям, а органолептические характеристики ферментированных молочных продуктов, консистенция, реологические и диетические свойства во многом зависят от состава микрофлоры заквасок. В настоящее время бактериальные закваски, а также пробиотические микроорганизмы, относятся к функционально необходимым компонентам, используемым при производстве продуктов переработки молока. Под закваской

понимаются специально подобранные непатогенные, нетоксигенные микроорганизмы и (или) ассоциации микроорганизмов, преимущественно молочнокислых. Разработка технологий высококонцентрированных заквасок прямого внесения для производства кисломолочных продуктов представляет собой многостадийную кропотливую работу, основными этапами которой являются:

– подбор штаммов микроорганизмов и их консорциумов с учетом комплекса медико-биологических, биохимических, технологически-ценных свойств, разработка параметров культивирования микроорганизмов – разработка и оптимизация питательных сред, как фактора успешного роста и развития пробиотических культур;