

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ

Д. О. Леонов

Научный руководитель – Н. Ж. Шкаруба

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Исследованы вопросы метрологического обеспечения процесса обкатки дизелей ЯМЗ, рассмотрены различные виды обкатки дизелей при проведении стендовых испытаний, выделены основные контролируемые параметры, определены допускаемые погрешности их измерений.

Ключевые слова: дизель, испытания, обкатка, качество, погрешность, метрологическое обеспечение.

BASIC METHODS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE POWER CONTROL DURING TESTING

D. O. Leonov

Scientific advisor – N. Zh. Shkaruba

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract: The issues of metrological support for the YAMZ diesel engine run-in process are investigated, various types of diesel run-in during bench tests are considered, the main controlled parameters are highlighted, and the permissible measurement errors are determined.

Keywords: diesel, testing, running-in, quality, error, metrological support.

Введение

Современные подходы к качеству ремонта отечественных машин предполагают применение различных инструментов и методов контроля и управления качеством на предприятии [1-3]. При непрерывном прогрессе в области станкостроения и точности станков в новых узлах и сборочных единицах отечественной сельхозтехники, стали использоваться соединения, где допуски на размеры деталей исчисляются в единицах, в крайнем случае – в десятых долях микрометров, причем это стало возможно, как для соединений с зазорами [4, 5], так и для соединений с натягами [6, 7]. В свою очередь, такие шаги в производ-

стве требуют использования высокоточных средств измерений, испытаний и контроля [8-10]. Иначе при ремонте новой техники будут возникать внутренние и внешние потери [11, 12], в том числе из-за наличия погрешностей измерений, которые в ряде случаев могут превышать и само значение допуска контролируемого изделия.

Для повышения конкурентоспособности и грамотного управления на ремонтных предприятиях совершенствуются элементы производства и формируется система контроля качества, предполагающая обоснованный выбор оптимального метрологического обеспечения.

Метрологическое обеспечение представляет собой совокупность мер и действий, направленных на достижение требуемой точности измерений контролируемых параметров, для установления соответствия заданным критериям при выполнении работ, с целью обеспечения определенного уровня качества.

В настоящее время, на ремонтных предприятиях большое внимание уделяется менеджменту измерений, в частности обеспечению качества контроля, назначению средств измерений для повышения точности контроля и уменьшения потерь от брака и несоответствий [13, 14]. Управление измерительными процессами и качество контроля во многом зависят от постановки и решения задач по обработке большого объема статистической информации.

Некоторые основные методы контроля мощности двигателя внутреннего сгорания при испытаниях:

1. Инерционный замер. Автомобиль разгоняется на динамометрическом стенде, затем водитель выжимает сцепление, и движение колёс замедляется до полной остановки без использования тормозов. Мощность и момент определяются как функции ускорения автомобиля на роликах и его торможения.

2. Замер в режиме динамической нагрузки. Процедура проводится так же, как и в инерционном режиме, но электромагнитный тормоз симулирует большую нагрузку.

3. Замер под нагрузкой при постоянных оборотах. Суть метода заключается в уравнивании силы тяги автомобиля с помощью электромагнитного тормоза и вычислении мощности двигателя на основе данных с тензометра (датчика силы).

4. Бестормозной метод. С помощью измерительного прибора фиксируется усилие, передаваемое на раму транспортного средства через опоры в процессе разгона двигателя. Эффективная мощность определяется по среднему значению усилия.

5. Тормозной метод. В этом методе двигатель полностью загружается силовой установкой (тормозом) до номинального режима нагрузки.

6. По расходу топлива, когда измеряется расход за определённый период времени, а затем, на основе известной зависимости теплотворной способности топлива, рассчитывается мощность. Этот метод может быть менее точным, чем торможение, но он проще в реализации.

7. С помощью датчиков давления и температуры, которые устанавливаются в цилиндрах двигателя и регистрируют параметры рабочего процесса, в результате обработки данных определяется мощность двигателя.

Наиболее точным из вышеперечисленных является тормозной метод. Рассмотрим стенд КИ-5543, оснащенный балансирной асинхронной машиной с фазовым ротором типа АКБ.

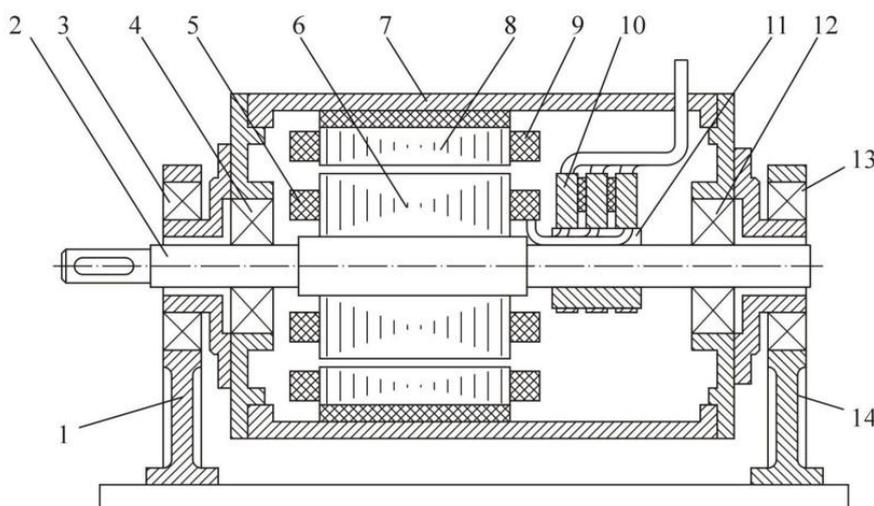


Рисунок 1 – Электрическая балансирная машина переменного тока

- 1, 14 – опорные стойки; 2 – вал ротора; 3, 13 – подшипники статора;
4, 12 – подшипники ротора; 5 – обмотка ротора; 6 – сердечник статора;
7 – корпус статора; 8 – сердечник ротора; 9 – обмотка статора;
10 – щеточный механизм; 11 – узел контактных колец

Балансирная электрическая машина, изображённая на рисунке 1, посредством двух опорных цапф подвешена на опорных стойках 1, 14, что позволяет корпусу машины 7 поворачиваться на некоторый угол в обе стороны. Эта машина в отличие от асинхронного электродвигателя с короткозамкнутой обмоткой ротора имеет узел контактных колец 11 на валу ротора 2 и щеточный механизм 10, что позволяет присоединять омическое сопротивление к обмотке ротора 5. Работа асинхронной

электрической машины показана на рисунке 2, в виде зависимости изменения момента от частоты вращения ротора. Кривая 1 – естественная характеристика. Кривые 2 и 3 – искусственные характеристики. Из графиков видно, что при синхронной частоте вращения крутящий момент на валу машины равен нулю.

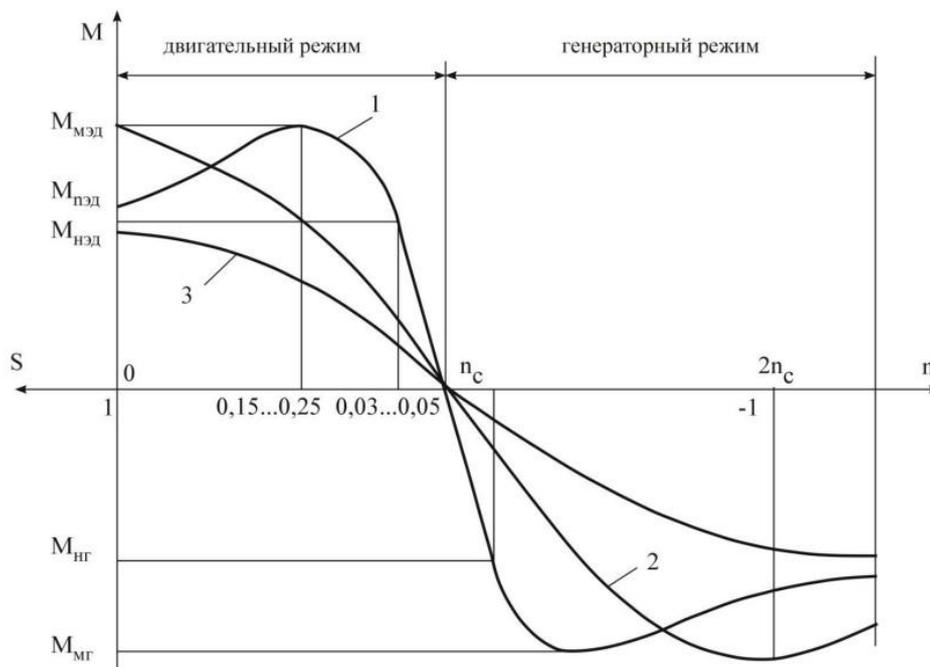


Рисунок 2 – Механическая характеристика асинхронной машины

Частота вращения вала машины, работающей как электродвигатель, меньше синхронной частоты и характеризуется коэффициентом скольжения S по формуле:

$$S = \frac{n_c - n}{n_c} = 1 - \frac{n}{n_c}, \quad (1)$$

где n – фактическая частота вращения.

При $S = 1$ ротор электродвигателя не вращается. Различают три значения крутящего момента при работе машины в качестве электродвигателя: номинальный, максимальный и пусковой.

Таким образом, испытания ДВС под нагрузкой возможно проводить только когда электрическая балансирная машина работает в генераторном режиме при частоте вращения коленчатого вала выше синхронной. Холодная обкатка и прокрутка коленчатого вала ДВС выполняется на частотах, меньших синхронной частоты. При работе в генераторном режиме электрическая машина превращает механическую работу, совершаемую ДВС, в электрическую энергию, до 75 % которой поступает в сеть.

Контроль параметров, фиксируемых при испытании ДВС, должен проводиться с заданной точностью, что обеспечивается нормированием допускаемой погрешности средств измерений, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Контролируемые величины и средства измерений

Наименование величины	Единица измерения	Средство измерения	Погрешность измерения
Крутящий момент	Н · м	Динамометрические устройства	±0,5 %
Частота вращения коленчатого вала	мин ⁻¹	Тахометры ГОСТ 21339-82	±0,5 %
Расход топлива	кг/ч (г/с)	Расходомеры электронные КИ-13967, АИР-50	±0,5...1,5 %
Атмосферное давление	кПа	Барометр-анероид метеорологический	±1,0 %
Давление наддува	МПа	Манометры ГОСТ 8.302-78	±0,5 %
Давление масла в главной магистрали	МПа	Манометры ГОСТ 8.302-78	±0,2 %
Температура охлаждающей жидкости на выходе из дизеля	°С	Термопары с электронными потенциометрами ГОСТ 6617-74	±3 °С
Температура масла в поддоне или на выходе из дизеля	°С	Термопары с электронными потенциометрами	±3 °С
Давление картерных газов	кПа	Манометры ГОСТ 8.302-78	±0,1
Температура окружающего воздуха	°С	Термометры ртутные	±1 °С
Температура отработавших газов в выпускном коллекторе	°С	Термопары с электронными потенциометрами	±10 °С
Относительная влажность воздуха	%	Психрометры аспирационные	±3,0 %
Продолжительность работы дизеля	с	Секундомер 2Б-3 ГОСТ 5072	±1,0 %

Реальные средства измерений должны иметь погрешность меньше допускаемой, которая, в свою очередь, регламентируется стандартами на испытания ДВС. Особо следует отметить требуемую точность измерений крутящего момента и частоты вращения коленчатого

вала, которая должна составлять всего $\pm 0,5$ % от контролируемой величины, что достаточно сложно обеспечить. Далее, погрешность измерения мощности, как результата косвенного измерения, формируется из этих двух величин. Для расчета погрешности мощности необходимо решить дифференциальное уравнение, где в качестве аргументов будут выступать как измеренные величины крутящего момента и частоты вращения коленчатого вала, так и их погрешности. Величину допускаемой погрешности измерения мощности необходимо определить для каждого испытуемого двигателя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 8. – С. 701-704.
2. Основы проектирования операций входного контроля на машиностроительных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : ООО «ОнтоПринт», 2020. – 89 с.
3. Проектирование и анализ качества контрольных процессов на ремонтных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : ООО «ОнтоПринт», 2020. – 95 с.
4. Расчет допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов [и др.] // Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269.
5. Леонов, О. А. Определение предельных функциональных зазоров подшипника скольжения в условиях гидродинамической смазки / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Трение и износ. – 2024. – Т. 45, № 4. – С. 327-334.
6. Обоснование посадок соединений со шпонками / О. А. Леонов [и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 6. – С. 65-71.
7. Расчет посадок соединений упругих втулочно-пальцевых муфт с валами / О. А. Леонов [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 2. – С. 96-101.
8. Леонов, О. А. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Измерительная техника. – 2022. – № 8. – С. 23-27.
9. Нормирование допускаемой погрешности измерения массы при контроле деталей шатунно-поршневой группы / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2021. – № 9. – С. 40-44.
10. Методика оценки брака: процесс контроля коренных шеек коленчатых валов в ремонтном производстве / Г. Н. Темасова [и др.] // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 6. – С. 39-45.

11. Оценка и анализ внутренних потерь при производстве продукции на машиностроительных предприятиях / О. А. Леонов [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 5. – С. 421-426.

12. Леонов, О. А. Использование диаграммы Парето при расчете внешних потерь от брака / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГБОУ ВО МГАУ. – 2004. – № 5 (10). – С. 81-82.

13. Леонов, О. А. Методика оценки внутренних потерь для предприятий ТС в АПК при внедрении системы менеджмента качества / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 1 (52). – С. 128-129.

14. Оценка и анализ внутренних потерь при производстве продукции на машиностроительных предприятиях / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 5. – С. 421-426.

Об авторах:

Леонов Дмитрий Олегович, аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

Научный руководитель – Шкаруба Нина Жоровна, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», shkaruba@rgau-msha.ru.

About the authors:

Dmitriy O. Leonov, postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

Scientific advisor – Nina Zh. Shkaruba, D.Sc. (Engineering), professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, shkaruba@rgau-msha.ru.