

2. Миленький В.С., Круглый П.Е., Круглый С.П. Методы расчета сложности маршрута в зависимости от дорожных условий. – В кн.: Перспективы развития транспортного комплекса: материалы IX Международной заочной научно-практической конференции. – Минск: БелНИИТ «Транстехника», 2024. – С. 204–210.

3. Круглый П.Е., Балько А.А., Круглый П.С. и др. Определение и анализ влияния факторов на показатели использования автомобильных транспортных средств в сельском хозяйстве. – В кн.: Техсервис-2022: материалы научно-практической конференции. – Минск: БГАТУ, 2022. – С. 58-61.

4. Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод. – М.: Книга по требованию, 2013. – 145 с.

5. Ивуть Р.Б. Экономика автомобильного транспорта. В 2-х частях. – Минск: БНТУ. Часть 1, 2008. – 455 с., часть 2, 2010. – 275 с.

6. Кобзарь А.И. Прикладная математика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.

7. Методические рекомендации по определению оптимальной структуры машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь. – Минск: БелНИИ АЭ, 2019. – 157 с.

8. Система перспективных машин и оборудования для реализации эффективных технологий производства и первичной переработки основных видов продукции растениеводства и животноводства на 2021-2025 годы и на период до 2030 года. – Минск, 2022. – 64 с.

Summary. Thus, the proposed concept and methodology for forming a rational structure of the enterprise's vehicle fleet is scientifically grounded and practically feasible. Its implementation will allow for: reducing operating costs by 15-20% through decreased fuel consumption and repair expenses; increasing the productivity of transport operations by using higher-capacity and more reliable equipment; improving working conditions for drivers and specialists; and enhancing the overall profitability of agricultural production.

УДК 621.436:681.518.5

Курносов А.Ф., кандидат технических наук, доцент
*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет
инженерии и биотехнологий», г. Новосибирск, Россия*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ЯМЗ-53445-22 В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация. Экспериментально определены реакции опор двигателя ЯМЗ-53445-22, эффективный крутящий момент и эффективная мощность при движении на второй передаче и статичной нагрузке двигателя тормозным моментом. Установлено, что в процессе испытаний по предложенной методике двигатель возможно загрузить до номинальной мощности.

Abstract. The engine mount reaction forces, brake torque, and brake power of the YaMZ-53445-22 engine were experimentally determined under second-gear operation with the engine statically loaded by a braking torque. It has been established that, during

testing in accordance with the proposed methodology, the engine can be loaded up to its rated power.

Ключевые слова: реакции опор, эффективный крутящий момент двигателя, эффективная мощность двигателя, частота вращения коленчатого вала

Keywords: support reactions, engine effective (brake) torque, engine effective (brake) power, crankshaft rotational speed

Совершенствование газодинамических процессов в цилиндрах позволило достичь высокой эффективности работы современных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) [1]. В то же время методика контроля эффективной мощности в процессе эксплуатации ДВС не разработана. Текущий контроль индикаторной мощности, оцениваемый по величине цикловой подачи топлива, не позволяет однозначно и достоверно сделать заключение об эффективности работы двигателя, так как повышение цикловой подачи топлива вследствие механического износа элементов топливной системы будет свидетельствовать о повышении индикаторной мощности, несмотря на снижение эффективности работы ДВС [2].

Кроме того, даже при нормальной работе топливной системы неисправности элементов цилиндропоршневой группы, газораспределительного механизма или системы питания воздухом также приведут к снижению эффективной мощности ДВС, несмотря на нормальную расчетную индикаторную мощность [3].

В связи с этим, актуальным и практически значимым становится разработка новых методов и средств определения эффективного крутящего момента и эффективной мощности ДВС.

Диагностирование двигателей с газотурбинным наддувом с помощью цифровых средств измерений согласно разработанных методик позволило авторам оценить эффективность работы отдельных систем ДВС, но для широкого использования требуется разработка программных и аппаратных средств для проведения комплексного диагностирования [4, 5].

Проведенные собственные исследования показали, что эффективную мощность ДВС можно определить по величине реакций его опор в условиях эксплуатации [3]. Однако полученные результаты не позволили установить номинальные значения мощности, так как при предлагаемом режиме работы ДВС «свободный разгон-выбег» загрузка двигателя до номинального значения не была обеспечена. Дальнейшие испытания показали, что загрузку ДВС можно обеспечить при движении автомобиля на низшей передаче при включенных тормозных механизмах. Данный метод позволяет плавно загрузить ДВС, регулируя момент сопротивления движению автомобиля усилием нажатия на педаль тормоза и провести все необходимые измерения в статичном режиме.

Методика проведения экспериментальных исследований предусматривала установку тензометрических датчиков в правую переднюю и правую заднюю опоры двигателя модели ЯМЗ-53445-22,

установленном на автомобиль ГАЗ-САЗ-2507. Выбор правых опор ДВС обусловлен направлением движения коленчатого вала. Создание нагрузки на коленчатый вал обеспечивает загрузку правых опор двигателя и наоборот – разгрузку левых опор. В результате реакции правых опор являются более чувствительными к изменению загрузки ДВС. К тензометрическим датчикам присоединяли измерительное оборудование для регистрации реакций опор. Дополнительно считывали диагностическую информацию (частоту вращения коленчатого вала, цикловую подачу топлива расход топлива и др. показатели) диагностическим сканером через встроенную систему диагностирования.

Общая методика проведения экспериментальных исследований предусматривала пуск и прогрев ДВС совместно с коробкой перемены передач, запуск измерительного оборудования, включение второй передачи и начало движения, обеспечение максимальной подачи топлива в двигатель, при достижении максимальной частоты вращения коленчатого вала плавную загрузку двигателя моментом сопротивления тормозных механизмов. При достижении частоты вращения коленчатого вала 1300 мин^{-1} , соответствующей минимальной частоте вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте, опыт прекращали. Итоговый результат измерений представлял собой среднее значение от пятикратного повторения опыта.

Анализ графика показывает, что величина реакций опор изменяется не мгновенно при воздействии на педаль тормоза. В среднем запаздывание составляет 0,5 с. Частота вращения КВ также практически не изменяется в указанном интервале времени. Следует отметить, что данный период времени зависит от скорости нажатия на педаль тормоза: при увеличении скорости нажатия на педаль время запаздывания изменения реакций сокращается.

Как видно из рисунка, величина реакций на опорах отличается по величине, хотя характер их изменения подобный. Большие значения реакций соответствуют задней правой опоре, меньшие – передней правой. Это объясняется тем, что задние опоры удалены друг от друга, что приводит к большему линейному перемещению точек, в которых измеряются реакции. Таким образом, задние опоры воспринимают основную нагрузку. Увеличение реакций опор происходит в интервале измерений 0,5...1,5 с. Максимальные значения реакций составляют; для задней правой опоры 2229 Н, для передней правой опоры 1659 Н (отклонение на 34%). После 1,5 с измерений реакции постепенно снижаются, что объясняется снижением эффективного крутящего момента двигателя при снижении частоты вращения КВ. Максимальное значение суммарных реакций опор составляет 3875 Н при 1,5 с измерений. Частота вращения КВ при этом составляет 2150 мин^{-1} , что примерно соответствует номинальной частоте вращения КВ. В дальнейшем величина реакций опор постепенно снижается и достигает минимального значения суммарных реакций 3081 Н. Это объясняется программными настройками

электронного блока управления (топливные карты): происходит снижение цикловой подачи топлива при снижении частоты вращения КВ меньше 2150 мин^{-1} для предотвращения повышенного дымления.

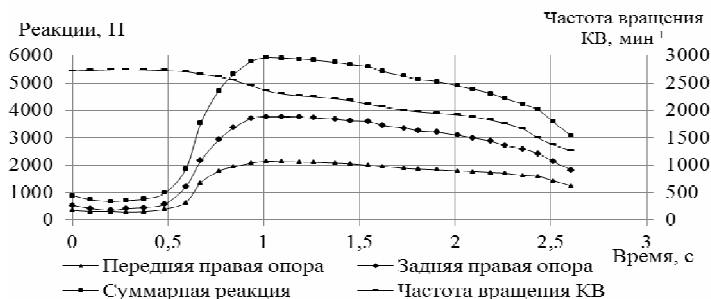


Рисунок 1 – Зависимость изменения реакций опор ДВС и частоты вращения КВ от времени измерений (вторая передача)

В точке максимальных значений реакций опор эффективный крутящий момент достигает 538 Нм, что соответствует мощности 121 кВт (при номинальном паспортном значении 125 кВт). Эффективная мощность при номинальной частоте вращения КВ составила 124 кВт, что соответствует номинальному паспортному значению, эффективный крутящий момент при номинальной частоте вращения КВ составил 505 Нм.

Таким образом, в результате проведённых экспериментальных исследований установлено, что разработанная методика оценки эффективной мощности позволяет достоверно определять её номинальное значение. Вследствие конструктивного ограничения цикловой подачи топлива, реализуемого системой управления ДВС, достижение режима полной загрузки двигателя, соответствующей максимальному крутящему моменту, в условиях предложенного диагностического подхода не обеспечивается. Тем не менее, представленная методика является вполне применимой для целей периодического диагностирования ДВС в эксплуатационных условиях.

Список использованной литературы

1. Гоц А. Н. Топливная экономичность автотракторных двигателей при отключении части цилиндров / А. Н. Гоц, В. Ф. Гуськов // Горение и взрыв. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 56–62.
2. Курносов А.Ф., Гуськов Ю.А. Особенности и характер влияния частоты вращения коленчатого вала на величину импульса реакций опор, оцениваемых при диагностировании двигателя внутреннего сгорания // Агроинженерия. 2023. Т. 25, No 1. С. 56-62. DOI: 10.26897/2687-1149-2023-1-56-62.
3. Курносов А. Ф., Гуськов Ю. А., Григорев Н. Н. Совершенствование способа оценки эффективной мощности дизельного двигателя в режиме работы «свободный разгон-выбег» // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 3. – С. 142–147.

4. Чичилов И. И. Совершенствование методики и средств диагностирования дизельных двигателей: диссертация...кандидата технических наук: 05.20.03. – Омск, 2017. – 211 с.

5. Кривцов С. Н. Разработка метода бестормозных испытаний восьмицилиндровых дизельных двигателей в эксплуатационных условиях (на примере двигателя КамАЗ-740): диссертация...кандидата технических наук : 05.20.03. – Иркутск, 2005. – 197 с.

Summary. The experimental investigations carried out have demonstrated that the developed brake power assessment methodology enables reliable determination of its rated value. Owing to a design constraint on the per-cycle fuel delivery imposed by the engine control system, the full-load engine regime corresponding to maximum torque cannot be attained within the framework of the proposed diagnostic approach. Nevertheless, the presented methodology is fully applicable to the periodic in-service diagnostics of internal combustion engines under field conditions.

УДК 004.9

Бережная И.Ш., директор центра аддитивных технологий общего доступа;

Асыка А.В., ассистент

*ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет
им В.Я. Горина», г. Белгород, Российская Федерация*

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ: ТРАНСФОРМАЦИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ ПОМОЩИ

Аннотация В публикации рассматриваются современные возможности 3D-моделирования и аддитивных технологий в ветеринарной медицине, включая создание индивидуальных имплантов, протезов и анатомических моделей для предоперационного планирования. Описаны преимущества применения 3D-печати для повышения точности диагностики, эффективности хирургических вмешательств и качества реабилитации животных.

Abstract The publication discusses the current possibilities of 3D modeling and additive technologies in veterinary medicine, including the creation of individual implants, prostheses, and anatomical models for preoperative planning. It describes the advantages of using 3D printing to improve the accuracy of diagnostics, the effectiveness of surgical interventions, and the quality of animal rehabilitation.

Ключевые слова. 3D-моделирование, аддитивные технологии, 3D-печать, ветеринария, индивидуальные импланты, протезирование животных, цифровые технологии в медицине

Keywords. 3D modeling, additive technologies, 3D printing, veterinary medicine, customized implants, animal prosthetics, and digital technologies in medicine

3D-моделирование, т.е. создание трехмерных цифровых объектов посредством специального программного обеспечения – современная технология, находящая широкое применение в различных сферах народного хозяйства, включая аграрный сектор и в частности ветеринарию [1, 2].