

УДК 621.43-242

С.А. АЛЁХИН, В.Г. КОНДРАТЕНКО, В.И. ВАХРУШЕВ, В.К. САВИЧ

КП «Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению», Украина

ДИАГНОСТИКА ПРЕЗАДИРНОГО СОСТОЯНИЯ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПРОТИВОПОЛОЖНО ДВИЖУЩИМИСЯ ПОРШНЯМИ

Представлена методика и аппаратное обеспечение диагностики презадирного состояния цилиндропоршневой группы дизельных двигателей типа 5ТДФ, 6ТД и 3ТД с противоположно движущимися поршнями. Методика базируется на первичном признаке задира – увеличении трения между поршнем и гильзой цилиндра. Основу аппаратного обеспечения данной методики составляют индукционный датчик, усилительно-преобразовательный блок, блок автоматики и персональный компьютер, оснащённый аналого-цифровым преобразователем на базе платы L-783 с высокопроизводительной шиной и программным обеспечением Power Graph. Использование данной методики и аппаратуры позволило предотвратить крупные аварии двигателей и обеспечить решения по выбору профиля поршня и рациональных зазоров в цилиндропоршневой группе, что позволило сократить сроки доводки дизелей.

Ключевые слова: дизельные двигатели, диагностика, цилиндропоршневая группа, персональный компьютер с АЦП.

Введение

В КП ХКБД ведутся работы по созданию семейства комбинированных двухтактных дизелей с наддувом типа 6ТД литровой мощностью более 65 кВт/л.

В настоящее время в серийном производстве на ГП "Завод имени В.А. Малышева" изготавливаются двигатели 6ТД-2 мощностью 1200 л.с., что соответствует литровой мощности 54 кВт/л. Повышение мощности на 20% по отношению к базовому дизелю осуществляется за счёт увеличения давления наддува, увеличения цикловой подачи топлива и частоты вращения коленчатого вала. Это приводит к увеличению теплового состояния и динамических нагрузок деталей цилиндропоршневой группы, в основном определяющих надёжность работы данного типа дизеля.

Ужесточение условий работы цилиндропоршневой группы повлекли за собой необходимость поиска новых конструктивных решений, расчётных и экспериментальных исследований. Важной задачей в этой работе является экспериментальное определение граничных условий, когда наступает отказ, выражающийся в задирах поршня.

При задирах алюминиевого поршня происходит наволакивание алюминия на рабочую поверхность цилиндра, что приводит к заклиниванию поршня и, как следствие, к сдвигу гильзы цилиндра и выходу из строя остова – самой дорогой и трудоёмкой в изготовлении сборочной единицы двигателя.

Результаты исследований

С целью предотвращения таких последствий была предложена методика и разработана аппаратура диагностики презадирного состояния ЦПГ и аварийной остановки двигателя в начальной стадии задира.

Методика базируется на первичном признаке задира – увеличении трения между поршнем и гильзой цилиндра.

В конструкции двигателей с противоположно движущимися поршнями на гильзу цилиндра действуют силы трения двух поршней, большую часть времени движущихся в разные стороны. На участках "мёртвых точек" имеются зоны, составляющие примерно 10° по углу поворота коленчатого вала, когда усилия от действия поршней на гильзу складываются. На остальных участках суммарное усилие на гильзу значительно меньше усилия от одного поршня. При задирах поршня из-за увеличения силы трения характер и величина усилий на гильзу цилиндра резко изменяются в сравнении с беззадиристой работой. Усилие от гильзы к блоку параллельно передаётся через несколько элементов: уплотнительные кольца на гильзе, корпуса форсунок и стопорный палец, а также трение между гильзой и блоком.

В качестве чувствительного элемента для оценки сил трения между поршнем и гильзой выбран стопорный палец. Такой выбор объясняется тем, что передача усилий через стопорный палец происходит только через металлические контакты,

которые обеспечивают наиболее стабильную передачу сигнала.

Разработан оригинальный способ фиксации начальной стадии задира, основанный на том, что перемещение гильзы цилиндров относительно блока пропорционально силе трения между поршнем и гильзой. Для этого в стопорный палец 1 (рис. 1) вворачивался измерительный болт 2, головка которого являлась чувствительным элементом индукционного датчика 3. При возникновении повышенного трения в паре поршень-цилиндр увеличивается нагрузка на стопорный палец, что приводит к его деформации и, в конечном счёте, к перемещению головки болта. Это перемещение фиксируется индукционным датчиком и регистрируется вторичной аппаратурой.

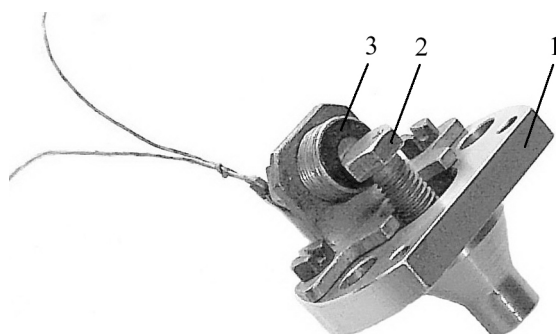


Рис. 1. Способ фиксации начальной стадии задира

В исходном варианте аппаратуры контроля предзадирного состояния сигналы с датчиков всех цилиндров поступали по линии связи на вход многоканального усилителя тока. Усиленные по напряжению и мощности сигналы подавались параллельно на блок автоматики и для регистрации на многоканальный светолучевой осциллограф, позволяющий получить проявленную осциллограмму в течение 1 – 2 минут после регистрации и использовать информацию для принятия решения. Блок автоматики непрерывно сравнивал уровни поступающих сигналов с заданным уровнем порога. При превышении порога любым из сигналов вступала в работу схема автоматики.

Основной недостаток исходного варианта заключается в том, что время между началом задира и принятием решения может достигать нескольких минут. Тогда, как показала практика, задрин может произойти за 15 – 20 с.

Появление нового материально-технического и программного обеспечения позволило модернизировать аппаратуру диагностики контроля предзадирного состояния.

Функциональная схема аппаратуры представлена на рис. 2.

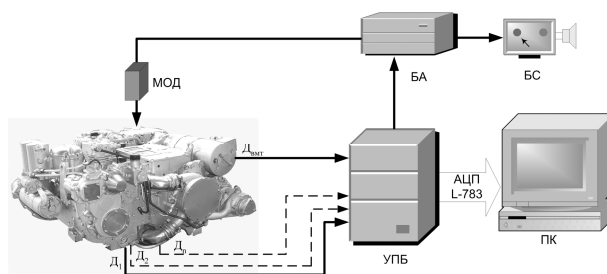


Рис. 2. Функциональная схема аппаратуры

Сигналы с датчиков $D_1 \dots D_n$ установленных на стопорных пальцах всех цилиндров и датчика верхней мёртвой точки $D_{ВМТ}$ одного из цилиндров поступают на усилительно-преобразовательный блок (УПБ).

Основными элементами УПБ по числу каналов являются: интегрирующий усилитель, усилитель напряжения, фильтр, детектор, стрелочный индикатор и общая для всех каналов схема "ИЛИ".

Интегрирующий усилитель служит для преобразования скорости изменения магнитного поля чувствительного элемента индукционного датчика в сигнал, пропорциональный перемещению головки стопорного болта и, следовательно, силе трения в паре «поршень-цилиндр».

После интегрирования и усиления (с целью увеличения помехозащищённости измерительных каналов) сигналы фильтруются активным фильтром и поступают через амплитудные детекторы на стрелочные индикаторы для их визуального контроля по уровню и установки порога срабатывания блока автоматики (БА).

Кроме того, после фильтра сигналы от всех контролируемых цилиндров поступают на персональный компьютер (ПК), оснащённый аналогово-цифровым преобразователем на базе платы L-783 с высокопроизводительной шиной и программным обеспечением Power Graph.

Применение функциональных возможностей пакета Power Graph позволяет принимать и отображать текущие данные, а также сохранять аналоговые сигналы всех измерительных каналов в доступном для дальнейшего использования формате, выделять участки данных для редактирования, анализа и печати, строить графики максимальных амплитуд.

На схеме "ИЛИ" происходит сборка сигналов амплитудных детекторов и наибольший из них подаётся на блок автоматики.

Основным элементом блока автоматики является компаратор, на один из входов которого подаётся наибольший сигнал от схемы "ИЛИ", а на второй регулируемый уровень порога срабатывания.

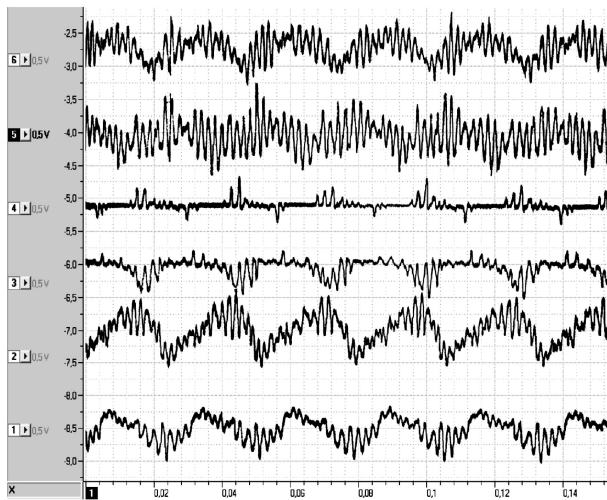
При превышении сигналом уровня порога срабатывания компаратор включает световую сигнали-

зацию, а через 0,5 с звуковую сигнализацию (блок сигнализации – БС). Если уровень сигнала продолжает превышать порог срабатывания, то блок автоматически через 5 с выдаёт сигнал на механизм остановки двигателя (МОД).

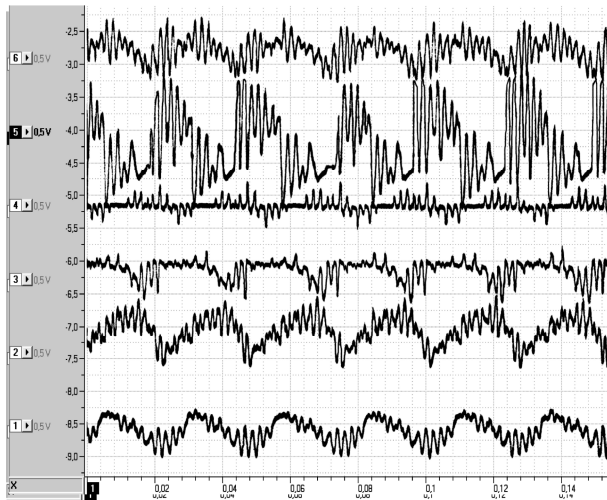
В случае уменьшения сигнала до уровня ниже порога срабатывания схема логики возвращается в исходное состояние.

На рис. 3 представлены осциллограммы таких сигналов шестицилиндрового двигателя:

- а) при нормальной работе;
- б) при начале задира пятого цилиндра.



а – нормальная работа



б – начало задира пятого цилиндра

Рис. 3. Осциллограммы сигналов шестицилиндрового двигателя

Данная методика и аппаратура контроля предзадиристого состояния ЦПГ эффективно используется при доводке двигателей специального назначения типа 5ТДФ, 6ТД и 3ТД.

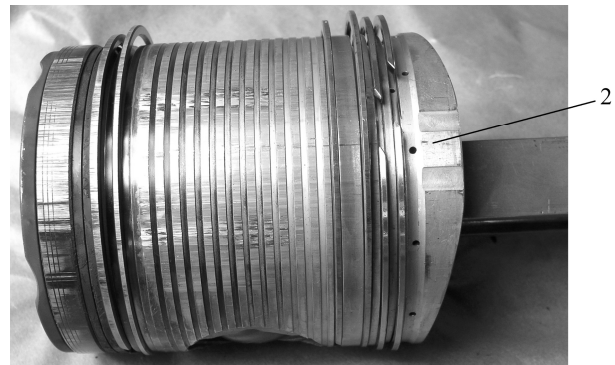
Было произведено более 30 аварийных остановок двигателей с диагностикой начала задира ЦПГ.

Последующая разборка двигателей подтвердила правильность остановок двигателей, что позволило предотвратить крупные аварии и обеспечить решение задач по выбору рациональных зазоров в цилиндро-поршневой группе и отработке профиля корпуса поршня для различных условий работы.

На рис. 4 представлены фотографии поршней после аварийной остановки.



Без задира



Слабый заDIR



Более сильный заDIR

Рис. 4. Фотографии поршней после аварийной остановки:

- 1 – поршень без задира;
- 2, 3 – поршни с разной степенью задира.

Использование ПК и возможностей программного обеспечения Power Graph [1] позволило оперативно регистрировать, визуализировать, обрабатывать и хранить аналоговые сигналы, что исключило применение громоздких средств регистрации и обработки.

Литература

1. *Power Graph Professional* [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://scdist.com/showthread>.

Поступила в редакцию 22.05.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. кафедры ДВС А.В. Пылев, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков.

ДІАГНОСТИКА СТАНУ ПЕРЕД ЗАДИРОМ ЦИЛІНДРОПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНІВ З ПОРШНЯМИ, ЯКІ РУХАЮТЬСЯ ПРОТИЛЕЖНО

С.О. Альохін, В.Г. Кондратенко, В.І. Вахрушев, В.К. Савіч

Представлено методику й апаратурне забезпечення діагностики предзадирного стану циліндропоршневої групи дизельних двигунів типу 5ТДФ, 6ТД і 3ТД з поршнями, які рухаються протилежно. Методика базується на первинній ознаці задиру – збільшенні тертя між поршнем і гільзою циліндра. Основу апаратного забезпечення даної методики складають індукційний датчик, посилювально-преобразуючий блок, блок автоматики і персональний комп'ютер, оснащений аналого-цифровим перетворювачем на базі плати L-783 з високопродуктивною шиною і програмним забезпеченням Power Graph. Використання даної методики й апаратури дозволило запобігти великим аваріям двигунів і забезпечити рішення про вибір профілю поршня і раціональних зазорів у циліндропоршневої групі, що дозволило скоротити терміни доведення дизелів.

Ключові слова: дизельні двигуни, діагностика, циліндропоршнева група, персональний комп'ютер з АЦП.

DIAGNOSTICS OF PRESCUFFING CONDITIONS OF PISTON-CYLINDER GROUP OF OPPOSED-PISTON ENGINES

S.A. Alyokhin, V.G. Kondratenko, V.I. Vakhrushev, V.K. Savich

The technique and instrument provision of diagnostics of prescuffing conditions of piston-cylinder group of opposed-piston diesel engines of 5TD, 6TD and 3TD type is presented. The technique is based on a primary sign of scuffing – an increase of friction between a piston and a cylinder liner. The basis of the instrument provision of the given technique is made from an inductive sensor, an amplifier-converting unit, an automation unit and a personal computer equipped with an analog-digital converter on the basis of board L-783 with the high-efficiency bus and software Power Graph. The use of the given technique and the equipments has allowed to prevent large failures of engines and to provide decisions on the choice of the piston profiles and rational clearances in the piston-cylinder group that has allowed reducing terms of operational development of diesel engines.

Key words: diesel engine, diagnostics, piston-cylinder group, personal computer with analog-digital converter.

Алехин Сергей Алексеевич – генеральный конструктор Казённого предприятия "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Харьков, Украина, e-mail: hkbd@kharkov.ukrtel.net.

Кондратенко Валерий Григорьевич – начальник сектора Казённого предприятия "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Харьков, Украина, e-mail: hkbd@kharkov.ukrtel.net.

Вахрушев Виктор Иванович – ведущий инженер Казённого предприятия "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Харьков, Украина, e-mail: hkbd@kharkov.ukrtel.net.

Савич Виктор Константинович – начальник отдела Казённого предприятия "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Харьков, Украина, e-mail: hkbd@kharkov.ukrtel.net.