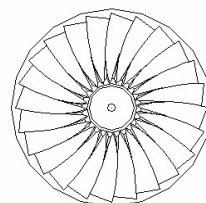
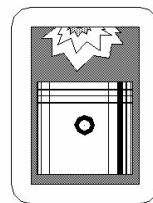


Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»
Національний технічний університет «ХПІ»
Державне підприємство "Запорізьке машинобудівне
КБ "Прогрес" ім. академіка А. Г. Івченка
Акціонерне товариство «Мотор Січ»
Акціонерне товариство «ФЕД»
Чорноморський національний університет
ім. Петра Могили
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова



Посвящается
110-летию академика Г.С. Писаренко
90-летию Национального аэрокосмического университета «ХАИ»
75-летию ГП «Ивченко-Прогресс»

XXV

МІЖНАРОДНИЙ КОНГРЕС ДВИГУНОБУДІВНИКІВ



ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Харків «ХАІ» 2020

Представлено матеріали пленарних та секційних доповідей XXV Міжнародного конгресу двигунобудівників. Обговорено основні науково-технічні досягнення в галузі двигунобудування. Представлені роботи, які висвітлюють актуальні питання двигунобудування: робочі процеси, управління і діагностика, конструкція і міцність, технологія і виробництво, а також загальні тенденції розвитку двигунобудування, наукові дослідження вітчизняних і зарубіжних авторів.

Затверджено до друку вченою радою Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», протокол № 6 від 20.06.2020 р.

Президія:

- Богуслав В. О.** – президент АТ «Мотор Січ»,
Генеральний конструктор, д.т.н., професор
Нечипорук М. В – ректор Національного аерокосмічного університету
ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», д.т.н., професор
Клименко Л. П. – ректор ЧНУ ім. Петра Могили, д.т.н., професор
Кравченко І. Ф. – керівник ДП «Івченко-Прогрес»,
Генеральний конструктор, д.т.н.
Марченко А. П. – проректор НТУ «ХПІ» д.т.н., професор
Попов В. В. – голова правління ПАТ «ФЕД», к.т.н., доцент

ЧЛЕНИ ПРОГРАМНОГО КОМІТЕТУ:

- | | |
|--------------------------|--|
| К.В. Безручко | д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України; |
| О.В. Білогуб | д-р техн. наук, доцент |
| Ю.С. Вороб'йов | д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України; |
| О.В. Грицюк | д-р техн. наук., проф. |
| С.О. Дмитрієв | д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України; |
| А.І. Долматов | д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України; |
| С.В. Єпіфанов | д-р техн. наук, проф. |
| С.А. Єрошенков | д-р техн. наук, проф.; |
| А.П. Зінковський | д-р техн. наук, проф.; |
| М.Е. Колотніков | д-р техн. наук, проф.; |
| М.С. Кулік | д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України; |
| Г.М. Кухарьонук | д-р техн. наук, проф |
| Ю.М.Мацевитий | акад. НАНУ; лауреат Державної премії СРСР; |
| Ю.О.Ножницький | д-р техн. наук, проф.; |
| І.В. Парсаданов | д-р техн. наук, проф.; |
| О.В. Пилипенко | чл.-корр.НАНУ, лауреат Державної премії України; |
| В.О. Пильов | д-р техн. наук, проф. лауреат Державної премії України; |
| Г.О. Попов | акад. РАН, лауреат Державної премії РФ; |
| Р. Пржисова | д-р техн. наук, проф. ITWL, Польща; |
| С. Радьковський | д-р техн. наук, проф.; |
| А. В. Русанов | чл.-корр.НАНУ, лауреат Державної премії України; |
| Д.Ф. Симбірський | д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії СРСР; |
| О.П. Строков | д-р техн. наук, проф.; |
| Б.Г. Тимошевський | д-р техн. наук, проф.; |
| В.І. Тимошенко | чл.-корр.НАНУ, лауреат Державної премії України; |
| А.А. Халатов | акад. НАНУ, лауреат Державної премії України |
| М.Д. Чайнов | д-р техн. наук, проф. |

Вчений секретар

д-р техн. наук, проф.

О.В. Білогуб

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ..... 10

А.В. Белогуб, С.В. Епифанов, А.П. Марченко
К XXV МЕЖДУНАРОДНОМУ КОНГРЕССУ ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЕЙ 10

О.В. Лось, В.І. Рябков
ВІТЧИЗНЯНІ ВІЙСЬКОВО-ТРАНСПОРТНІ ЛІТАКИ НОВОГО ПОКОЛІННЯ..... 10

В.Л. Капітанова, О.В. Лось, В.І. Рябков
АНАЛІЗ ЗМІН МАС МОДИФІКАЦІЙ СЕРЕДНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ЛІТАКІВ
ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЗЛІТНО-ПОСАДКОВІ ПАРАМЕТРИ МОДИФІКАЦІЙ..... 11

С.О. Дмитрієв, О.Ю. Суровцев
АЛГОРИТМ ІНТЕГРАЦІЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ ПАСАЖИРСЬКИХ
ЛІТАКІВ СЕРЕДНЬОЇ ДАЛЬНОСТІ..... 11

В.В. Нерубасский
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ЛЕГКИХ ВЕРТОЛЕТОВ С ГТД..... 12

**Г.А. Кривов, И.Ф. Кравченко, С.М. Степаненко, В.Н. Шулепов,
М.Н. Кайнов, А.А. Атанасова**
О КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЕ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ
В ИНТЕРЕСАХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ АВИАЦИОННОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ УКРАИНЫ..... 13

С.М. Степаненко, Т.Н. Серeda, Ю.А. Назаренко
ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
АВИАДВИГАТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ГРАФОВ 14

А.Н. Маринина, С.М. Степаненко, В.Г. Харченко
МОНИТОРИНГ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ-РАЗРАБОТЧИКА
АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ, СОГЛАСНО ТРЕБОВАНИЯМ
СТАНДАРТА EN 9100 14

В.В. Кокотина, С.М. Степаненко, В.Г. Харченко
ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ПРОЦЕСС
ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ВЫЯВЛЯЕМОЕ ПРИ НОРМОКОНТРОЛЕ
КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ..... 15

О.В. Немченко
ВИМОГИ СТАНДАРТІВ НАТО СЕРІЇ AQAP 2000
ДО ПІДПРИЄМСТВ-ВИРОБНИКІВ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ 16

КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ..... 17

А.В. Морозов
ЧИСЕЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ПРУЖНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ТРИВИМІРНО АРМОВАНОГО ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО
МАТЕРІАЛУ 17

Ю.И. Евдокименко, И.А. Гусарова, Г.А. Фролов, В.М. Кисель, С.В. Бучаков
ТЕПЛОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦИОННОЙ КЕРАМИКИ СИСТЕМЫ
B4C-SiC-B6Si 17

ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ 29

О.М. Kondratenko (О. М. Кондратенко)

DETERMINATION OF FUEL-ECOLOGICAL EFFICIENCY
OF EXPLOITATION PROCESS OF DIESEL ICE OF POWER PLANTS WITH
CONSIDERING OF EMISSION OF BENZO(A)PYRENE AND POLYCYCLIC
AROMATIC HYDROCARBONS IN EXHAUST GAS FLOW
(ВИЗНАЧЕННЯ ПАЛИВНО-ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ
ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДИЗЕЛЬНОГО ДВЗ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ
З УРАХУВАННЯМ ВИКИДІВ БЕНЗ(А)ПІРЕНА ТА ПОЛІЦИКЛІЧНИХ
АРОМАТИЧНИХ ВУГЛЕВОДНІВ У ПОТОЦІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ)..... 29

О. М. Kondratenko, V.Yu. Koloskov, Yu.F. Derkach, S.A. Kovalenko

(О. М. Кондратенко, В.Ю. Колосков, Ю.Ф. Деркач, С.А.Коваленко)
CRITERIA-BASED EVALUATION OF FUEL-ECOLOGICAL EFFICIENCY
OF EXPLOITATION PROCESS OF DIESEL ICE OF POWER PLANTS
CONSIDERING OF EMISSION OF SULFUR OXIDES IN EXHAUST
GAS FLOW OF SULFUR OXIDES
(КРИТЕРІАЛЬНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПАЛИВНО-ЕКОЛОГІЧНОЇ
ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДИЗЕЛЬНОГО ДВЗ
ЕНЕРГОУСТАНОВОК З ВРАХУВАННЯМ ВИКИДІВ ОКСИДІВ СІРКИ
У ПОТОЦІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ)..... 30

И.В. Парсаданов, А.Г. Лал

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ СУМІШОУТВОРЕННЯ І ЗГОРЯННЯ
В ФОРСОВАНОМУ ДВОТАКТНОМУ ДИЗЕЛІ 30

М.С. Шелестов

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ФОРСУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ 31

Т.Н. Колесникова, В.Г. Заренбин, О.П. Сакно, В.С. Швецкий

ОЦЕНКА ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ
С ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ..... 32

Е.В. Белоусов, И.В. Грицук, Р.А. Варбанец, А.Е. Самарин

РЕАЛИЗАЦИЯ В ДВУХТАКТНЫХ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ ПОРШНЕВЫХ
ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ СУДОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ..... 33

А.А. Лисовал

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СМЕСИ БИОГАЗА
И МЕТАНА В ГАЗОВОМ ДВИГАТЕЛЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ..... 34

И.В. Грицук, Д.С. Погорлецкий, Р.В. Симоненко, И.В. Худяков

ТЕПЛОВАЯ ПОДГОТОВКА ДВИГАТЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА,
ОБОРУДОВАНОГО СИСТЕМАМИ ПОДАЧИ БЕНЗИНА И СЖИЖЕННОГО
НЕФТЯНОГО ГАЗА 34

D.S. Minchev, O.A. Gogorenko (Д.С. Минчев, О. А. Гогоренко)

EFFECT OF THERMAL INERTIA ON DIESEL ENGINES TRANSIENT PERFORMANCE
(ВПЛИВ ТЕПЛОВОЇ ІНЕРЦІЇ НА НЕУСТАЛЕНІ РЕЖИМИ РОБОТИ
ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ) 35

А.П. Марченко, Е.В. Белоусов, В.П. Савчук, В.С. Вербовский

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ПРОЦЕСС ПОДАЧИ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА
В МАЛООБОРОТНОМ ГАЗОДИЗЕЛЬНОМ ДВИГАТЕЛЕ ДАВЛЕНИЯ ПЕРЕД
ГАЗОВЫМ КЛАПАНОМ И СЕЧЕНИЯ СОПЛОВЫХ КАНАЛОВ 36

Н.В. Слободянюк ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЦЕССА ТОПЛИВОПОДАЧИ НА СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ СРЕДНЕОБОРОТНОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ РЕЖИМАХ.....	37
Р.А. Варбанець, В.І. Залож, Т.В. Тарасенко, В.Г. Абросимов, В.Г. Клименко РІШЕННЯ ЗАДАЧІ АНАЛІТИЧНОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТНИХ ДИЗЕЛІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	38
Р.А. Варбанец, В.И. Залож, Т.В. Тарасенко, Т.П. Белоусова, А.В. Ерыганов, В.Г. Клименко МЕТОД АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	40
В.О. Маулевич, Р.А. Варбанець, Н.І. Александровська, В.Г. Клименко ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТНИХ ДИЗЕЛІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ	41
С.О. Ковальов РОЗРОБЛЕННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СИНТЕЗ-ТЕХНОЛОГІЇ AVENIR GAZ ДЛЯ ПЕРЕОБЛАДНАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ДИЗЕЛІВ У ГАЗОВІ ДВЗ	42
И.В. Парсаданов, С.А. Ковалёв, С.В. Плис РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ.....	43
О.В. Триньов, В.В. Коростиченко, М.Ю. Сус МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ЦИЛІНДРОВОЇ ГІЛЬЗИ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ.....	43
А.Э. Хрулев, С.А. Дмитриев ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ ПЫЛИ ВО ВПУСНОЙ СИСТЕМЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ДВС	44
А.Э. Хрулев, В.Г. Клименко ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИЧИН ОТКАЗОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	45
Л.П. Клименко, В.І. Андрєєв, О.І. Случак, О.Ф. Прищепов, О.В. Щесюк, Я.Ю. Давиденко АВТОМАТИЗОВАНА TICKER-СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ ДАНИХ ДЛЯ LED-ТАБЛА В СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАННЯХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ	46
Л.П. Клименко, М.П. Мусієнко, В.І. Андрєєв, О.І. Случак, А.М. Гурський ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПОРИСТИХ КОМПОЗИТІВ В ЛИТТІ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЧАВУННИХ ДЕТАЛЕЙ ДВЗ.....	46
А.П. Поливянчук РЕАЛИЗАЦИЯ НА БАЗЕ МИКРОТУННЕЛЯ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ ДИЗЕЛЕЙ	48
А.В. Грицюк ФРАГМЕНТЫ ИСТОРИИ И В РАЗВИТИИ МЕТОДОЛОГИИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ИСПЫТАНИЯ ДВС» В ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ.....	49

температури можуть змінюватися від 250–300 °С в верхній частині, до 80–90 °С в нижній, охолоджуваній рідинним охолоджувачем. З точки зору забезпечення оптимальних умов тертя, які визначаються і залежать від в'язкості моторного мастила при заданій робочій температурі дзеркала гільзи, такі температури як у верхній, так і у нижній частинах гільзи не є оптимальними. Погіршення умов тертя призводить до зростання механічних витрат, зниження ефективних показників двигуна в цілому. Як засвідчив проведений аналіз літературних джерел, поліпшенню ефективних показників, зменшенню механічних витрат по циліндро-поршневій групі сприятимуть заходи по вирівнюванню температур гільзи в зоні роботи компресійних кілець та наближенню значень температур до рівня 160–170 °С. В представленому розрахунковому дослідженні, яке можна розглядати як проміжний етап робіт з доводки конструкції циліндрової гільзи з метою оптимізації температурного профілю робочої поверхні, розглядається вплив площі охолоджуваної зовнішньої поверхні гільзи. Аналізується варіант серійної гільзи дизеля 4ЧН12/14, виготовленої з чавуну СЧ21-40, та дослідний варіант за умови його виготовлення з алюмінієвого сплаву АЛ19 з корундовою робочою поверхнею. Як засвідчили раніше проведені розрахункові дослідження, конструктивні варіанти циліндрової гільзи з внесенням незначних змін в базовий варіант, при яких зберігаються основні геометричні розміри деталі, зокрема відстань між верхнім та нижнім посадковими поясами, не вирішують поставлену задачу оптимізації температурного профілю гільзи як для чавунних гільз, так і гільз з алюмінієвого сплаву. В проведеному дослідженні аналізуються варіанти, які передбачають внесення більш суттєвих змін як у конструкцію самої гільзи, так і в конструкцію блоку циліндрів, а саме у розміщення поясів ущільнення гільзи. Для розрахункового дослідження використовується скінченоелементна математична модель теплонапруженого стану гільзи, уточнена в ході моторних експериментів.

УДК 621.432.3

А.Э. Хрулев, С.А. Дмитриев

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ ПЫЛИ ВО ВПУСНОЙ СИСТЕМЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ДВС

В условиях жестких ограничений, накладываемых на конструкцию ДВС экономическими и экологическими требованиями, имеется риск нештатного и незапланированного снижения ресурса ДВС вследствие повышенного абразивного износа. В соответствие с этим цель работы сформулирована как исследование типовых конструкторских решений впускных каналов ДВС с точки зрения их влияния на абразивный износ деталей.

При определении возможных источников абразивных частиц было выявлено, что получившие широкое распространение воздушные фильтры из волокнистых материалов при всех своих преимуществах обладают свойством пропуска пыли при сильном загрязнении. Такая особенность фильтров может вызвать пропуск во впускную систему частиц различных размеров. В то же время во впускных системах широко применяются разветвляющиеся каналы, конфигурация которых при определенных условиях может вызвать неравномерное распределение частиц пыли и повлиять, тем самым, на ресурс и надежность двигателя.

В связи с этим для типового элемента впускного канала – колена с боковым отводом, была разработана методика расчета криволинейного движения частицы по линии тока воздуха с учетом действующих сил вблизи бокового отвода из канала. Расчет с допущением о движении воздуха по радиусу показал, что в результате центрифугирования частица пыли отклоняется от линии тока воздуха и переходит на больший радиус тем сильнее, чем больше ее размер и скорость воздуха.

Оценка достоверности результатов расчета выполнена путем численного моделирования двухфазного течения с помощью программного комплекса ANSYS. Получено совпадение

результатов расчета движения частицы по радиусу с результатами моделирования в диапазоне наиболее разрушительных при абразивном износе размеров частиц 10-20 мкм с точностью не хуже +20%. При этом подтверждено, что эффект центрифугирования и перераспределения частиц пыли в сторону прямого канала получается тем сильнее, чем больше размер частиц и выше скорость потока во впускном канале.

Сравнение результатов расчета и моделирования с опытными данными выполненных исследований причин неисправностей ДВС подтвердило, что во впускной системе за счет неравномерного распределения частиц при их центрифугировании может возникнуть локальный абразивный износ в одном или нескольких цилиндрах, что вызывает значительное уменьшение ресурса вплоть до преждевременных отказов в период действия гарантии производителя.

На основании полученных результатов сформулированы рекомендации по повышению надежности и ресурса ДВС в эксплуатации, включая необходимость не только учета процессов центрифугирования пыли при проектировании, но и возможного уточнения регламентов обслуживания уже существующих ДВС.

УДК 620.192, 620.2, 621.432

А.Э. Хрулев, В.Г. Клименко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИЧИН ОТКАЗОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Несмотря на успехи в исследованиях и разработке конструкций современных двигателей внутреннего сгорания для транспортных средств различного назначения, включая авиацию, к настоящему времени не создано надежных методик для определения причин их отказов, а применение на практике известных методик, в том числе, диагностики технического состояния двигателей, не только требует большой трудоемкости и высокой квалификации персонала, но во многих случаях фактически неэффективно. Особенно это касается тяжелых эксплуатационных повреждений, возникающих при разрушении деталей и сопровождающихся нарушением синхронизации их возвратно-поступательного и вращательного движения.

С другой стороны, исследование показывает, что причины неисправностей и отказов двигателей могут определяться и логико-вероятностными методами, в том числе, на основе анализа дерева отказов, с привлечением имеющегося опыта исследования различных неисправностей. Однако, использовать известные модели и методики, построенные на базе анализа дерева отказов, в задачах поиска причин отказов не всегда возможно, поскольку такие методики создавались для задач расчета характеристик надежности разрабатываемых двигателей, а не поиска причин их отказов, уже произошедших в эксплуатации.

Решение указанной задачи было найдено в несколько этапов. Вначале было рассмотрено пять основных видов тяжелых эксплуатационных отказов, в том числе, разрушение шатуна после гидроудара в цилиндре, разрушение шатуна из-за перегрева при недостаточной подаче масла к шатунному подшипнику, разрушение клапана из-за различных причин, разрушение поршневого пальца и нарушение его осевой фиксации. Дополнительно было применено структурирование признаков отказов с их разделением на главные, подтверждающие и уточняющие.

Дерево отказов, логически описывающее причинно-следственные связи между событием отказа и вызвавшим его начальным повреждением, составлялось отдельно по каждому из выбранных для анализа видов отказов. С учетом поставленной задачи – поиска причины отказа, которая является обратной по отношению к общепринятому направлению анализа характеристик надежности, было разработано модифицированное (перевернутое) дерево отказов, позволяющее выполнять простой логический анализ также в обратном направлении –

от события отказа системы к базисным событиям, инициирующим отказ. После этого было составлено общее модифицированное дерево отказов двигателя.

В результате исследования получена логическая структура причинных взаимосвязей (граф) для определения причины отказа двигателя внутреннего сгорания, с использованием которой поиск причины отказа может быть выполнен логическим путем с достаточной для практики достоверностью при минимальных затратах времени, что, по крайней мере, позволяет исключить грубые ошибки при расследовании причин отказа и связанные с этим затраты на повторные ремонты.

УДК 620.1:(621.43:621.385.2)

Л.П. Клименко, В.І. Андрєєв, О.І. Случак, О.Ф. Прищепов, О.В. Щесюк, Я.Ю. Давиденко

АВТОМАТИЗОВАНА TICKER-СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ ДАНИХ ДЛЯ LED-ТАБЛА В СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАННЯХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Проблема розробки адаптивних систем виведення інформації, синхронізованих з процесом перебігу експерименту вирішується за рахунок існуючих методів концентрації уваги та інтерактивної подачі інформації. Метою даного дослідження є розробка LED-табла з автоматизованою ticker-системою оперативного виводу інформації при стендових випробуваннях двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). У статті авторами розроблено конструктивну схему світлодіодного (LED) табла для відображення даних стендових випробувань ДВЗ. Принцип рухомого рядку (ticker), що широко застосовується в біржовій аналітиці та рекламі є достатньо інформативним для відображення результатів стендових випробувань ДВЗ. Розроблена конструкція базується на мікросхемі MAX7219. Передача даних відбувається за допомогою інтерфейсу UART через модуль Bluetooth HC-06. Драйвер керується за допомогою інтерфейсу SPI (режим 0). Вибір LED-дисплею обумовлено можливістю застосування монохроматичного випромінювання світло діодів в якості точкових джерел випромінювання з широкими можливостями для регулювання параметрів світіння. Це досягається при використанні в складі кластерів вискоєфективних світлодіодів Pure-Green (525 нм), Ultra-Red (660 нм), Blue (470 нм). Встановлено, що використання модульної системи Arduino дозволить в широких межах варіювати властивості системи відображення даних та при розробці спеціального софту вести аналітику випробувань за допомогою адаптивних нейромереж. Удосконалено метод аналізу та відображення даних стендових випробувань двигуна внутрішнього згоряння. Розроблена схема може бути розвинена для голографічної підсвітці зон критичних навантажень на поверхні досліджуваної конструкції. Дещо нижча інтерактивність голограм в порівнянні з доповненою реальністю робить їх допоміжну роль більш доцільною. Це може стати базою для формування на такій поверхні маркерів для інтерактивних систем доповненої реальності.

УДК 261.74:669.13

Л.П. Клименко, М.П. Мусієнко, В.І.Андрєєв, О.І. Случак, А.М. Гурський

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПОРИСТИХ КОМПОЗИТИВ В ЛИТТІ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЧАВУННИХ ДЕТАЛЕЙ ДВЗ

Об'єкт дослідження: Трудоемність та матеріалоемність відцентрового лиття в порівнянні з литтям в Піщано-глинисті форми.

Предмет дослідження: Доцільність застосування пористих композитів на основі губчастого титану в якості футерування для зниження припусків на механічну обробку литих

XXV

МІЖНАРОДНИЙ КОНГРЕС ДВИГУНОБУДІВНИКІВ

Тези доповідей

Редактор
А.Б. Лещенко

Коректор
В.В. Бойко

Комп'ютерна верстка
В.В. Бойко

Відповідальний за випуск
С.В. Єпіфанов

Оригінал-макет виготовлено на кафедрі конструкції авіаційних двигунів
Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Підписано до друку 08.08.2020 р.
Формат 60x84 1/16. Папір офс. № 2. Офс. друк
Умовн.-друк. арк. 1,4. Облік.-вид. арк. 1,62. Наклад. 100 прим.
Замовлення Ціна вільна

Адреса редакції видавника і поліграфпідприємства

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
<http://www.khai.edu>